

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**“ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE  
PERFIL TIPO CREAGER EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA”**

Tesis presentada por los Bachilleres:

**Bedregal Guevara, Ashly Dayana**

**Yana De La Riva, Walter Antonio**

Para optar el Título Profesional de

**Ingeniero Civil**

Asesor:

**Mg. Ing. Rendón Dávila, Víctor Oscar**

AREQUIPA - PERÚ

2019

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

" Análisis del campo de presiones en vertederos de perfil tipo Creager en el departamento de Arequipa "

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

Bedregal Guevara, Ashly Dayana y  
Yana De La Riva, Walter Antonio

Nuestro DICTAMEN es:

APROBADO.

OBSERVACIONES:

Arequipa, 20 de SEPTIEMBRE del 2019.

[Firma]  
COD: 1950.

[Firma]  
COD: 1733

[Firma]  
COD: 2592

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la sabiduría necesaria para alcanzar este triunfo.

A mis padres y a mi hermana que confían en mí y me brindan su apoyo incondicional, además de estar conmigo en momentos significativos.

A mi asesor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo, sino a lo largo de mi vida universitaria con la enseñanza de sus conocimientos, amistad y el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A Walter, mi compañero de tesis, ya que gracias a él alcanzamos juntos esta meta trazada hace mucho tiempo.

Ashly B.

Agradezco a Dios, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradezco al magister Víctor Oscar Rendón Dávila tutor de nuestro proyecto de investigación y quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente. También quiero agradecer a Ashly, mi compañera de tesis, por su ayuda desinteresada y por ser parte fundamental de este proyecto.

Walter Y.

## DEDICATORIA

A mis padres, Jowar y Vanessa, en reconocimiento al sacrificio de brindarme todo aquello que necesito, de inculcarme sólidos valores para mi formación personal, profesional y laboral.

A mi hermana, Yoselyn, en reconocimiento a su apoyo y comprensión, relevantes para mi formación personal, profesional y laboral.

A las grandes personas que están presentes día a día en mi ámbito personal, por la confianza, los consejos y el tiempo compartido.

Ashly B.

A mis padres Walter y Noemi quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mi amigo Kai por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia y allegados porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Walter Y.

## RESUMEN

Los vertederos son estructuras hidráulicas imprescindibles en proyectos de embalsamamiento de aguas, asimismo, para realizar el diseño de estas estructuras en el Perú, muchos ingenieros o especialistas en el tema, usan normativa extranjera.

Se definió como alcance, el estudio de vertederos de perfil Creager o tipo cimacio, tomando como referencia los estudios previos realizados por otros investigadores, seleccionado principalmente los reportes expuestos por la US Bureau of Reclamation (USBR) y Waterways Experiment Station (WES).

En este estudio experimental, cabe resaltar que se utilizaron instrumentos de precisión con tecnología actual, para realizar un análisis del comportamiento hidráulico del flujo, que rebasa a los vertederos diseñados, de forma más precisa y exacta.

Se analizó la superficie de estos vertederos comparándolos directamente con el perfil que forma la nada inferior del flujo de agua que sobrepasa vertederos de pared delgada con un diseño establecido.

Adicionalmente, se profundizó de forma exhaustiva en el análisis de la relación del campo de presiones y la carga de diseño para cada uno de los vertederos en estudio, para luego comparar estos resultados con los expuestos en la normativa extranjera existente.

Finalmente, está investigación puede contribuir en la elaboración de una normativa propia para este país resaltando la obtención e interpretación de los resultados obtenidos en laboratorio, ya que estos sirven de referencia para futuras investigaciones y contribuyen además, en un mayor conocimiento del comportamiento hidráulico de vertederos de perfil Creager en la ciudad de Arequipa.

**Palabras clave:** Hidráulica, Vertederos de perfil Creager

## ABSTRACT

Spillways are essential hydraulic structures in water embanking projects, for their design the engineers of Peru require foreign standards. In that sense, this research aims to contribute to the development of a standard for this country.

In order to carry out this research, the spillway overflow was defined as having data from previous studies carried out with this type of spillway, specifically reports made by the U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station were selected.

It is an experimental investigation where current technologies and instruments will be used, to perform an analysis of the hydraulic behavior parameters of overflow spillway and compare the results obtained through existing regulations and those obtained experimentally. Its importance lies in obtaining and interpreting the data obtained in the laboratory, since these serve as a reference for future research and contribute to be able to have a greater knowledge of the hydraulic behavior of overflow spillway.

**Keywords:** Hydraulics, Overflow spillway

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la humanidad, el hombre se vio en la necesidad de asentarse, temporal o permanentemente, a orillas de alguna fuente de agua con el fin de garantizar su supervivencia. Nuestros antepasados comprendieron la importancia de tener disponibilidad de agua para garantizar sus actividades productivas en las épocas de sequía, es en este proceso que el ser humano concibió la idea de almacenar agua en presas, para asegurar el agua en el tiempo de estiaje y también para controlar el exceso de caudal en temporada de avenidas.

Los ingenieros se dedicaron a estudiar y mejorar el comportamiento hidráulico de las presas, así como todas las partes que la comprenden, en busca de utilizar el agua eficientemente y controlar el flujo de esta en temporadas lluviosas. Los vertederos nacieron como un mecanismo hidráulico para la medición de caudales y posteriormente, los aliviaderos que son un tipo de vertedero, cumplieron la función de controlar el nivel máximo de agua en las presas, retornando el excedente al cauce natural del río.

En definitiva, actualmente, no existe presa alguna que posea un vertedero para controlar el excedente de caudal, existen de muchos tipos y formas diferentes. En Perú, debido a sus condiciones geomorfológicas y su potencial hidro – energético se construyeron diferentes presas muy próximas a la cordillera.

Este estudio se centra en analizar el comportamiento hidráulico de vertederos de perfil tipo Creager, utilizando un método experimental a escala reducida, modelo del cual se espera extraer datos con el fin de verificar si la información teórica actual difiere frente a las condiciones y características propias de las cuencas del Perú.

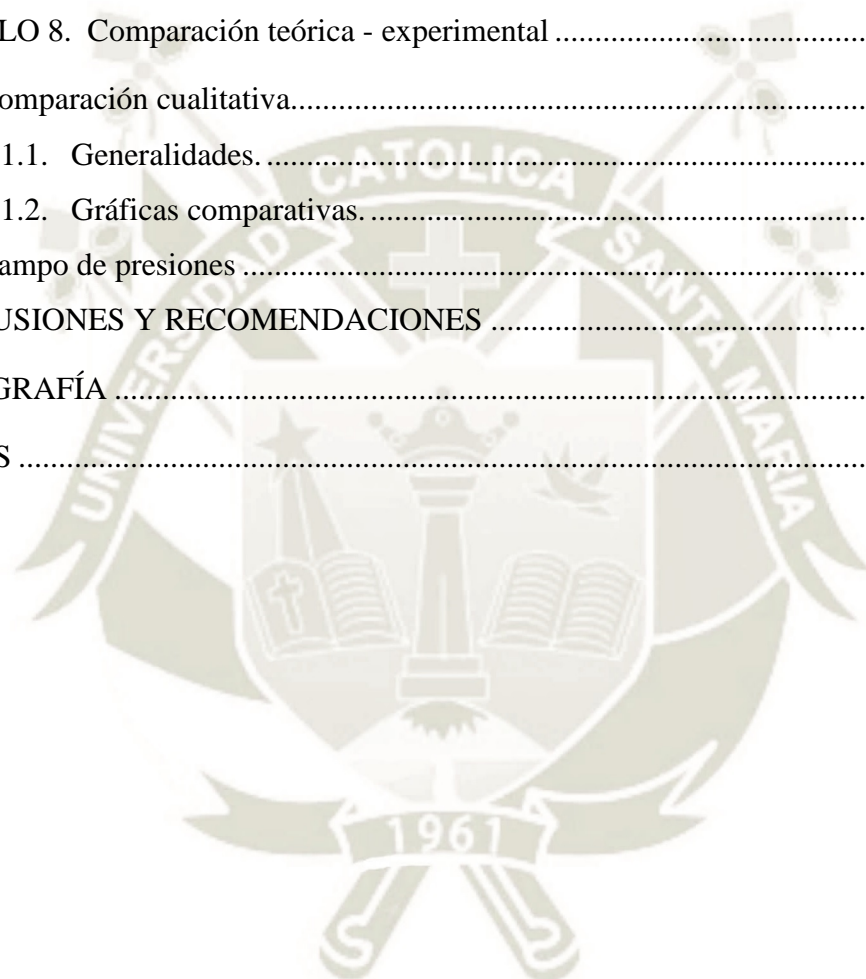
## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN .....	v
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Alcance.....	3
1.6. Justificación.....	3
1.7. Tipo de investigación .....	4
1.8. Variables .....	4
1.8.1. Variables Independientes.....	4
1.8.2. Variables Dependientes.....	4
1.9. Esquema de trabajo .....	5
1.9.1. Revisión de información.....	5
1.9.2. Definición y selección de la muestra.....	5
1.9.3. Recolección de datos.....	5
1.9.4. Análisis de los datos.....	6
1.9.5. Elaboración de reporte de resultados.....	6
1.10. Metodología .....	6
1.10.1. Generalidades.....	6
1.10.2. Toma de datos.....	7
1.10.3. Procesamiento de datos.....	7
CAPÍTULO 2. ALVIADEROS .....	8
2.1. Generalidades.....	8
2.1.1. Definición.....	8
2.1.2. Función.....	8

2.1.3. Caudal del proyecto.....	9
2.1.4. Capacidad del aliviadero.....	9
2.1.5. Efecto del embalse.....	10
2.1.6. Forma de la lámina vertiente.....	10
2.2. Particularidades de los aliviaderos.....	11
2.2.1. Componentes de un aliviadero.....	11
2.2.2. Tipos de aliviaderos.....	13
2.2.3. Capacidad de aliviaderos.....	15
2.2.4. Elección del tipo de aliviadero.....	16
2.2.5. Vertederos controlables.....	16
2.3. Hidráulica en vertederos.....	17
2.3.1. Generalidades.....	17
2.3.2. Tipos de flujo.....	18
2.3.3. Capacidad de descarga.....	19
2.3.4. Pilas y estribos.....	19
2.3.5. Calado de aproximación.....	20
2.3.6. Carga de agua.....	20
2.3.7. Inclinación aguas arriba.....	20
2.3.8. Interferencia al pie del vertedero.....	21
2.3.9. Efectos de la altitud.....	21
<b>CAPÍTULO 3. Vertedero de perfil Creager.....</b>	<b>25</b>
3.1. Introducción.....	25
3.2. Antecedentes.....	25
3.3. Vertederos en perfil estricto.....	26
3.3.1. Perfil Creager.....	26
3.3.2. Perfil Bradley.....	29
3.3.3. Perfiles del Bureau of Reclamation.....	30
3.4. Aspectos generales.....	31
<b>CAPÍTULO 4. Modelo hidráulico.....</b>	<b>34</b>
4.1. Modelación hidráulica.....	34
4.2. Descripción del modelo.....	34
4.2.1. Canal de aproximación.....	36
4.2.2. Vertederos de perfil Creager.....	38

4.2.3. Vertederos de pared delgada. ....	40
4.2.4. Depósito de Almacenamiento. ....	41
4.2.5. Poza de disipación. ....	41
4.2.6. Dispositivos mecánicos. ....	43
4.2.7. Dispositivos eléctricos. ....	45
<b>CAPÍTULO 5. Métodos de diseño. ....</b>	<b>49</b>
5.1. Diseño del perfil Creager. ....	49
5.1.1. Condiciones de diseño. ....	49
5.1.2. Caudal evacuado y coeficiente de descarga. ....	50
5.1.3. Longitud efectiva de la cresta. ....	55
5.1.4. Perfil del vertedero. ....	60
5.1.5. Perfil simplificado en base a tablas. ....	63
5.2. Presiones sobre la superficie del vertedero. ....	66
5.2.1. Según la US Bureau of Reclamation. ....	66
5.2.2. Según la Estación Experimental de Canales (WES). ....	68
5.2.3. Autores varios. ....	74
<b>CAPÍTULO 6. Diseño teórico. ....</b>	<b>80</b>
6.1. Introducción. ....	80
6.2. Memoria de cálculo. ....	80
6.3. Resultados. ....	93
6.3.1. Perfil de vertederos tipo Creager. ....	93
6.3.2. Presiones para $P/Hd$ estimados. ....	100
<b>CAPÍTULO 7. Análisis Experimental. ....</b>	<b>106</b>
7.1. Preparación de la muestra. ....	106
7.1.1. Limpieza previa. ....	106
7.1.2. Montaje de vertederos. ....	107
7.1.3. Preparación del sistema de bombeo. ....	109
7.1.4. Preparación de los instrumentos de medición. ....	109
7.2. Procedimiento de los ensayos. ....	110
7.2.1. Vertederos de pared delgada. ....	110
7.2.2. Vertederos de perfil Creager. ....	111
7.3. Toma de datos. ....	112
7.3.1. Vertederos de pared delgada. ....	112

7.3.2. Vertederos de perfil Creager. ....	113
7.4. Procesamiento de datos .....	115
7.4.1. Perfil de la napa de agua. ....	115
7.4.2. Campo de presiones. ....	116
7.5. Resultados .....	126
7.5.1. Perfil de la napa inferior del flujo. ....	126
7.5.2. Campo de presiones. ....	132
CAPÍTULO 8. Comparación teórica - experimental .....	138
8.1. Comparación cualitativa.....	138
8.1.1. Generalidades. ....	138
8.1.2. Gráficas comparativas. ....	138
8.2. Campo de presiones .....	146
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	155
BIBLIOGRAFÍA .....	158
ANEXOS .....	160



## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 5-1. Coordenadas del vertedero para una carga de operación de 1 m. ....</i>	65
<i>Tabla 5-2. Factores de corrección para el coeficiente de descarga. ....</i>	65
<i>Tabla 5-3. Ubicación de las gráficas de acuerdo a la relación P/Hd. ....</i>	70
<i>Tabla 5-4. Relación de presiones mínimas (hp) en el cuadrante de aguas arriba a la carga de diseño (hd).....</i>	74
<i>Tabla 6-1. Cuadro resumen del diseño de los vertederos. ....</i>	80
<i>Tabla 7-1. Plantilla de registro de datos del flujómetro. ....</i>	114
<i>Tabla 7-2. Plantilla de registro de datos del transmisor de presiones.....</i>	115
<i>Tabla 7-3. Plantilla de registro de datos del transmisor de presiones.....</i>	116
<i>Tabla 7-4. Datos del Estrato 1 cuando P/Hd es igual a 3. ....</i>	123
<i>Tabla 7-5. Resumen de datos obtenidos del flujómetro y transmisor de presiones cuando P/Hd es igual a 3. ....</i>	123
<i>Tabla 7-6. Relación ascendente de H/Hd cuando P/Hd es igual a 3.....</i>	124
<i>Tabla 7-7. Datos finales de x/Hd y hp/Hd cuando P/Hd es igual a 3.....</i>	125
<i>Tabla 8-1. Valores extremos de la relación x/Hd de la W.E.S. comparado con los obtenidos en laboratorio. ....</i>	153

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2-1. Elementos de perfil de un vertedero estricto.</i> .....	10
<i>Figura 2-2. Efectos de la latitud y altitud en la aceleración de la gravedad.</i> .....	22
<i>Figura 2-3. Variación de la presión barométrica con la altitud.</i> .....	24
<i>Figura 3-1. Presa de Aldeadávila.</i> .....	26
<i>Figura 3-2. Coordenadas iniciales del perfil Creager.</i> .....	27
<i>Figura 3-3. Valores del coeficiente de desagüe.</i> .....	28
<i>Figura 3-4. Perfil Bradley.</i> .....	29
<i>Figura 3-5. Perfil del Bureau of Reclamation.</i> .....	30
<i>Figura 3-6. Perfil del Bureau of Reclamation mediante sucesión de curvas.</i> .....	31
<i>Figura 3-7. Perfil de un vertedero de perfil Creager.</i> .....	32
<i>Figura 4-1. Modelo hidráulico a escala reducida.</i> .....	35
<i>Figura 4-2. Canal de aproximación.</i> .....	36
<i>Figura 4-3. Calibración de canal de aproximación con teodolito y mira.</i> .....	37
<i>Figura 4-4. Vertedero de perfil Creager instalado y en funcionamiento.</i> .....	38
<i>Figura 4-5. Geometría de vertederos de perfil Creager a escala reducida.</i> .....	39
<i>Figura 4-6. Vertedero de pared delgada con orificios cubiertos con cinta.</i> .....	40
<i>Figura 4-7. Depósito de almacenamiento de agua.</i> .....	41
<i>Figura 4-8. Poza de disipación.</i> .....	42
<i>Figura 4-9. Desagüe de la poza de disipación.</i> .....	42
<i>Figura 4-10. Motobomba marca MEBA.</i> .....	43
<i>Figura 4-11. Motobomba marca Humboldt.</i> .....	44
<i>Figura 4-12. Transmisores de presión BD SENSORS DMP 331.</i> .....	45
<i>Figura 4-13. Tubo de acrílico graduado con transmisores de presión instalados en su base para calibrarse.</i> .....	46
<i>Figura 4-14. Controlador MultiCon CMC-141.</i> .....	47
<i>Figura 4-15. Sensor de velocidad.</i> .....	48
<i>Figura 5-1. Vertido libre sobre un cimacio.</i> .....	49
<i>Figura 5-2. Coeficiente de descarga vertiendo con la carga de diseño.</i> .....	51
<i>Figura 5-3. Coeficiente de descarga vertiendo con cargas diferentes a la de diseño.</i> .....	52
<i>Figura 5-4. Coeficiente de descarga de parámetros aguas arriba inclinado.</i> .....	52
<i>Figura 5-5. Efecto del nivel del piso y la superficie libre aguas abajo del vertedero.</i> .....	53

<i>Figura 5-6. Efecto del nivel del piso aguas abajo.</i> .....	54
<i>Figura 5-7. Efecto del nivel de la superficie libre aguas abajo.</i> .....	55
<i>Figura 5-8. Coeficiente de contracción por estribos.</i> .....	56
<i>Figura 5-9. Coeficiente de contracción por estribos con secciones adyacentes de concreto o enrocamiento.</i> .....	57
<i>Figura 5-10. Coeficiente de contracción por pilas de formas varias.</i> .....	58
<i>Figura 5-11. Coeficiente de contracción por pilas Tipo 2, tajamar prolongado hacia aguas arriba.</i> .....	59
<i>Figura 5-12. Coeficiente de contracción por pilas tipo 2 considerando el efecto de la profundidad del canal de acceso.</i> .....	59
<i>Figura 5-13. Elementos de los perfiles de un vertedero de cimacio.</i> .....	60
<i>Figura 5-14. Valores de los coeficientes experimentales K y n.</i> .....	61
<i>Figura 5-15. Valores para el diseño del perfil del cimacio aguas arriba.</i> .....	62
<i>Figura 5-16. Coeficiente de desagüe para cargas distintas a la de diseño.</i> .....	67
<i>Figura 5-17. Presiones negativas en la cresta del vertedero para <math>H_o/H_e = 0.75</math>.</i> .....	68
<i>Figura 5-18. Localización de los piezómetros para <math>P/H_d = 0.50</math> y <math>H_d=0.80</math> ft.</i> .....	69
<i>Figura 5-19. Presiones en la cresta del vertedero para <math>P/H_d</math> igual a 0.25.</i> .....	70
<i>Figura 5-20. Presiones en la cresta del vertedero para <math>P/H_d</math> igual a 0.50.</i> .....	71
<i>Figura 5-21. Presiones en la cresta del vertedero para <math>P/H_d</math> igual a 1.00.</i> .....	71
<i>Figura 5-22. Presiones en la cresta del vertedero para <math>P/H_d</math> igual a 3.40.</i> .....	72
<i>Figura 5-23. Máxima presión negativa vs <math>H_e/H_d</math> para <math>P/H_d &gt; 0.50</math>.</i> .....	73
<i>Figura 5-24. Presiones en la cresta del vertedero Tipo 1.</i> .....	75
<i>Figura 5-25. Presiones en la cresta del vertedero Tipo 2.</i> .....	76
<i>Figura 5-26. Presiones en la cresta del vertedero Tipo 3.</i> .....	77
<i>Figura 5-27. Presiones en la cresta del vertedero Tipo 4.</i> .....	78
<i>Figura 5-28. Predicción de las presiones mínimas del vertedero Tipo 4.</i> .....	79
<i>Figura 6-1. Perfil de un cimacio para <math>P/H_d = 3</math> y <math>H_d = 10</math> cm.</i> .....	94
<i>Figura 6-2. Perfil de un cimacio para <math>P/H_d = 2.5</math> y <math>H_d = 12.5</math> cm.</i> .....	95
<i>Figura 6-3. Perfil de un cimacio para <math>P/H_d = 2</math> y <math>H_d = 12.5</math> cm.</i> .....	96
<i>Figura 6-4. Perfil de un cimacio para <math>P/H_d = 1.5</math> y <math>H_d = 15</math> cm.</i> .....	97
<i>Figura 6-5. Perfil de un cimacio para <math>P/H_d = 1</math> y <math>H_d = 20</math> cm.</i> .....	98
<i>Figura 6-6. Perfil de un cimacio para <math>P/H_d = 0.5</math> y <math>H_d = 20</math> cm.</i> .....	99
<i>Figura 7-1. Limpieza de canal de aproximación.</i> .....	106

*Figura 7-2. Montaje de vertedero de pared delgada..... 107*  
*Figura 7-3. Instalación de vertedero de perfil Creager. .... 108*  
*Figura 7-4. Estructura de dibujo para vertederos de pared delgada..... 112*  
*Figura 7-5. Cajetín de la Estructura de dibujo para vertederos de pared delgada. .... 113*



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 6-1. Presiones en la superficie del vertedero para <math>P/Hd=3.00</math></i> .....	100
<i>Gráfico 6-2. Presiones en la superficie del vertedero para <math>P/Hd=2.50</math></i> .....	101
<i>Gráfico 6-3. Presiones en la superficie del vertedero para <math>P/Hd=2.00</math></i> .....	102
<i>Gráfico 6-4. Presiones en la superficie del vertedero para <math>P/Hd=1.50</math></i> .....	103
<i>Gráfico 6-5. Presiones en la superficie del vertedero para <math>P/Hd=1.00</math></i> .....	104
<i>Gráfico 6-6. Presiones en la superficie del vertedero para <math>P/Hd=0.50</math></i> .....	105
<i>Gráfico 7-1. Perfil de la napa inferior para <math>P/Hd \approx 3.00</math></i> .....	126
<i>Gráfico 7-2. Perfil de la napa inferior para <math>P/Hd \approx 2.50</math></i> .....	127
<i>Gráfico 7-3. Perfil de la napa inferior para <math>P/Hd \approx 2.00</math></i> .....	128
<i>Gráfico 7-4. Perfil de la napa inferior para <math>P/Hd \approx 1.50</math></i> .....	129
<i>Gráfico 7-5. Perfil de la napa inferior para <math>P/Hd \approx 1.00</math></i> .....	130
<i>Gráfico 7-6. Perfil de la napa inferior para <math>P/Hd \approx 0.50</math></i> .....	131
<i>Gráfico 7-7. Presiones experimentales para <math>P/Hd = 3.00</math></i> .....	132
<i>Gráfico 7-8. Presiones experimentales para <math>P/Hd = 2.50</math></i> .....	133
<i>Gráfico 7-9. Presiones experimentales para <math>P/Hd = 2.00</math></i> .....	134
<i>Gráfico 7-10. Presiones experimentales para <math>P/Hd = 1.50</math></i> .....	135
<i>Gráfico 7-11. Presiones experimentales para <math>P/Hd = 1.00</math></i> .....	136
<i>Gráfico 7-12. Presiones experimentales para <math>P/Hd = 0.50</math></i> .....	137
<i>Gráfico 8-1. Comparación de perfiles para <math>P/Hd=3.00</math></i> .....	140
<i>Gráfico 8-2. Comparación de perfiles para <math>P/Hd=2.50</math></i> .....	141
<i>Gráfico 8-3. Comparación de perfiles para <math>P/Hd=2.00</math></i> .....	142
<i>Gráfico 8-4. Comparación de perfiles para <math>P/Hd=1.50</math></i> .....	143
<i>Gráfico 8-5. Comparación de perfiles para <math>P/Hd=1.00</math></i> .....	144
<i>Gráfico 8-6. Comparación de perfiles para <math>P/Hd=0.50</math></i> .....	145
<i>Gráfico 8-7. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio para <math>P/Hd = 3.00</math></i> .....	147
<i>Gráfico 8-8. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio para <math>P/Hd = 2.50</math></i> .....	148
<i>Gráfico 8-9. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio para <math>P/Hd = 2.00</math></i> .....	149

*Gráfico 8-10. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio para  $P/Hd = 1.50$ .* .....150

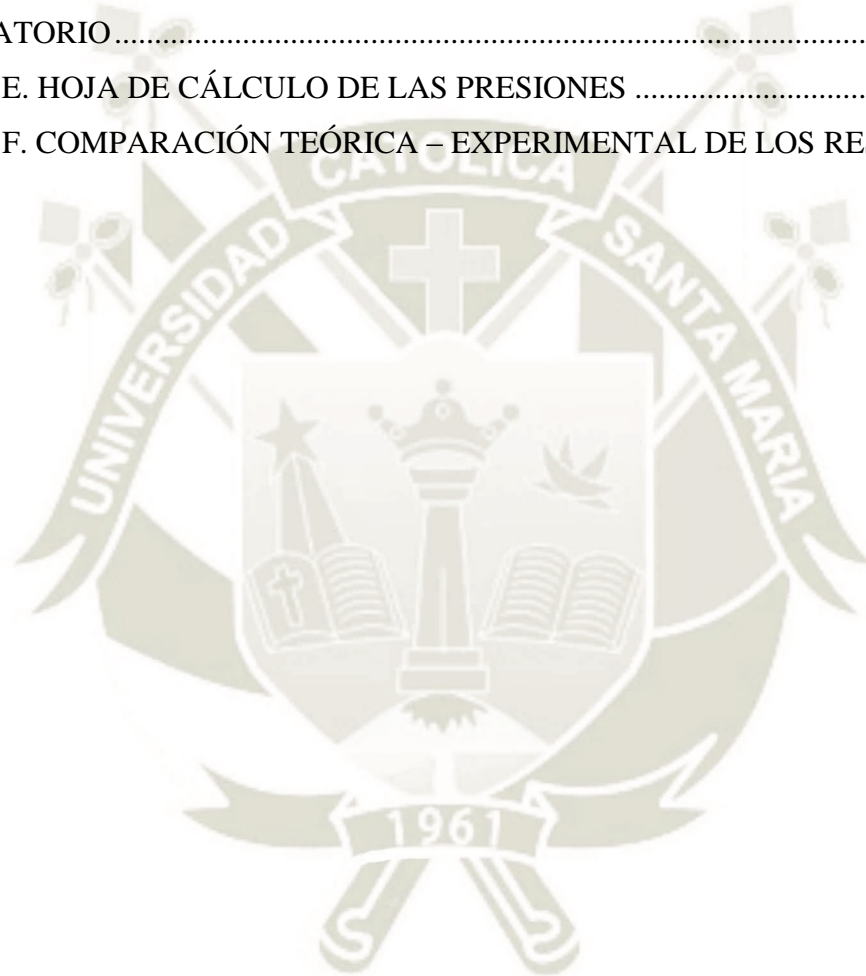
*Gráfico 8-11. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio para  $P/Hd = 1.00$ .* .....151

*Gráfico 8-12. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio para  $P/Hd = 0.50$ .* .....152



## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. HOJAS TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS.....	161
ANEXO B. HOJA DE CÁLCULO, COORDENADAS Y PERFILES DE LOS VERTEDEROS DE DISEÑO .....	174
ANEXO C. TABLAS Y GRÁFICOS DE LA W.E.S. PARA P/Hd DEFINIDOS .....	255
ANEXO D. ESCANEADO DE PERFILES DE LA NAPA INFERIOR OBTENIDOS EN LABORATORIO.....	268
ANEXO E. HOJA DE CÁLCULO DE LAS PRESIONES .....	294
ANEXO F. COMPARACIÓN TEÓRICA – EXPERIMENTAL DE LOS RESULTADOS	373



## CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

### 1.1. Identificación del problema

El diseño de vertederos de perfil Creager en el Perú es realizado por ingenieros civiles especializados en la rama de Hidráulica, sin embargo, los últimos mencionados utilizan metodologías de diseño que fueron analizadas en condiciones geográficas y atmosféricas diferentes a la nuestra.

Por lo tanto, la diferencia entre estos escenarios, es decir, el de estudio y el de investigación (Arequipa), presentan características sustancialmente disímiles, que influyen en el comportamiento del flujo en el vertedero, produciéndose así presiones distintas, que pueden afectar a la estructura deteriorando el concreto.

### 1.2. Planteamiento del problema

Los estudios realizados para el sustento teórico de las metodologías usadas en el diseño de vertederos tipo cimacio o de perfil Creager han sido elaboradas para el entorno de su país de origen: Estados Unidos.

Dicho país dista mucho de nuestra realidad en lo que a condiciones geográficas y medio ambientales se refiere, lo que origina variaciones en la presión atmosférica, ya que ésta disminuye a medida que aumenta la altura y en el Perú existen muchas cuencas hidrográficas aprovechables que superan la altura de aquel país, donde el valor de la presión se reduce trascendentalmente si la comparamos con la misma a nivel del mar.

Por lo tanto, dicha variación de presión atmosférica afecta el comportamiento del agua, generándose una diferencia significativa entre la trayectoria del agua con respecto al perfil del vertedero, por lo que se originan presiones en el contacto entre la napa inferior de la lámina vertiente y el perfil superior del vertedero en mención, que, a su vez, pueden ser perjudiciales para la estructura del vertedero, provocando fisuras en el concreto y reduciendo así su vida útil.

Sin embargo, con un diseño correcto y correspondiente a las características de nuestra realidad, podríamos incrementar o cumplir con la vida útil proyectada para vertederos,

en consecuencia, generar un beneficio económico, debido a la disminución del costo por mantenimiento y el aumento de la vida operacional de la estructura.

Debido a disimilitud en cuanto a las características y condiciones de estudio en el diseño hidráulico de vertederos de la bibliografía existente, no se puede ignorar este aspecto importante, si no que requiere de un estudio teórico y experimental para poder exponer la variación de resultados en cuanto al diseño.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Determinar la diferencia entre las presiones obtenidas experimentalmente en los diversos vertederos de perfil Creager a escala reducida, ensayados en la ciudad de Arequipa y la proyectada mediante el diseño teórico.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Realizar el diseño hidráulico de un vertedero de perfil Creager mediante el método del US Bureau of Reclamation.
- Obtener teóricamente la magnitud de las presiones en el caso que la carga de operación sea diferente a la de diseño de acuerdo a los ábacos elaborados por la Estación Experimental de Canales (WES) en Vicksburg, Estados Unidos.
- Hacer un análisis experimental realizando varios diseños a escala reducida de vertederos de perfil Creager para obtener la magnitud de las presiones en diferentes puntos del perfil de los vertederos en la ciudad de Arequipa.
- Comparar los datos obtenidos por las dos metodologías con los datos obtenidos de forma experimental, en diferentes condiciones geográficas.
- Determinar si se generan presiones negativas en los modelos de vertedero a escala reducida.

#### 1.4. Hipótesis

Dado que, los estudios realizados sobre vertederos han sido analizados en condiciones geográficas y atmosféricas diferentes a las de nuestro país.

Es probable que, el comportamiento hidráulico de los vertederos a una altitud de 2335 m.s.n.m. en la ciudad de Arequipa, presente valores diferentes debido a la disminución de la presión atmosférica y la trayectoria del agua sea desigual a las de diseño, provocando un desplazamiento en la napa superior e inferior, asimismo este fenómeno genera presiones en la cresta del vertedero.

#### 1.5. Alcance

El diseño hidráulico del vertedero de cimacio o de perfil tipo Creager se realizará mediante el método del US Bureau of Reclamation (USBR), debido a que es la metodología comúnmente utilizada en el diseño de este tipo de obras hidráulicas en el Perú. Por otro lado, la magnitud de las presiones para cargas de operación diferentes a las de diseño se obtendrán mediante los ábacos de la Estación Experimental de Canales (WES), por ser el organismo que realizó múltiples investigaciones del tema tomando como referencia varios autores incluida la USBR.

Para el análisis experimental, se realizarán mediciones con equipos varios, incluyendo un canal de aproximación, seis vertederos de perfil Creager a escala reducida, un dispositivo de almacenamiento, una poza de disipación, bombas hidráulicas, transmisores de presión, un controlador para grabar datos y un flujómetro.

El lugar de estudio para los ensayos correspondientes a nuestra investigación se desarrollará en la ciudad de Arequipa.

#### 1.6. Justificación

Nuestra investigación nace de una problemática en el diseño hidráulico peruano debido a que no contamos con reglamento propio, por aquel motivo, tenemos que hacer diseños con normas de otros países, siendo Estados Unidos el principal referente en este aspecto. El fin de nuestra investigación es aportar a la elaboración de un reglamento, en específico en el diseño de vertederos. Buscamos corroborar la validez o identificar el grado de diferencia en el diseño en estudio aplicado a nuestra realidad.

Esta investigación trae un beneficio económico para el país, pues con una modificación en el diseño hidráulico de vertederos, podemos hacer obras mucho más confiables, ya que se estaría extendiendo su vida útil, justificando así, el costo de inversión de la misma.

Otro objetivo de esta, es iniciar las primeras pesquisas que conducirán a la obtención de un conocimiento propio, nuevos ábacos y tablas necesarias para el diseño de vertederos, que vayan acorde a nuestro entorno y necesidades.

### **1.7. Tipo de investigación**

Esta investigación es del tipo experimental, porque es un proceso sistemático que a través de ensayos y del método científico, buscamos obtener respuestas acerca de la variación causada por la localización geográfica en el comportamiento hidráulico de vertederos, manipulando dicha variable para controlar y medir cualquier cambio en otras variables.

A su vez es cuantitativa, porque mediante la magnitud de la presión y de la altura de agua se buscará una disimilitud entre el diseño teórico y el análisis experimental, probando o desmintiendo nuestra hipótesis, la cual, debe ser demostrable por medios matemáticos y/o estadísticos y constituye la base alrededor de la cual se diseña todo el experimento.

### **1.8. Variables**

Se tienen dos tipos de variables:

#### **1.8.1. Variables Independientes.**

- Localización geográfica (presión atmosférica).
- Carga de diseño.
- Profundidad del vertedero.

#### **1.8.2. Variables Dependientes.**

- Presión en la cresta del cimacio.
- Caudal aguas arriba del cimacio.
- Trayectoria de la napa inferior del agua.

## 1.9. Esquema de trabajo

El presente trabajo consta de las siguientes partes:

### 1.9.1. Revisión de información.

Considerar las recomendaciones de diseño de la Bureau Reclamation (1987), Francisco Javier Domínguez. (1974), H. Basin (1897), Rendón Dávila, Víctor. (2014) y U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station (1970).

### 1.9.2. Definición y selección de la muestra.

- El diseño teórico se realizará apoyados de una Hoja de Cálculo de nuestra autoría.
- Se harán las pruebas necesarias en un área de estudio que concierne a la ciudad de Arequipa.
- Las pruebas se realizarán en seis diferentes vertederos de cimacio, diseñados y elaborados para diferentes cargas de agua.

### 1.9.3. Recolección de datos.

#### - **Diseño Teórico**

Método del US Bureau of Reclamation (USBR) y ábacos de la Estación Experimental de Canales (WES).

#### - **Análisis Experimental**

- Habilitación de modelo hidráulico de vertedero tipo cimacio a escala reducida.
- Hallar las coordenadas de la napa inferior del flujo aguas abajo de varios vertederos de pared delgada.
- Medición de presiones en la cresta de los vertederos de perfil Creager.
- Medición de la carga de agua y caudal, aguas arriba del vertedero de perfil Creager.

#### 1.9.4. Análisis de los datos.

- **Análisis Cualitativo**

Se realizará una comparación cualitativa del perfil obtenido con el vertedero de pared delgada y las coordenadas obtenidas mediante el diseño de la USBR.

- **Análisis Cuantitativo**

Se verifica la disimilitud entre las presiones y la altura de agua obtenidas mediante el diseño teórico y las lecturas del análisis experimental.

#### 1.9.5. Elaboración de reporte de resultados.

- Determinar las variaciones entre el diseño teórico y experimental del vertedero de perfil Creager.
- Obtener la variación de la magnitud de las presiones en el flujo del agua presente sobre el vertedero.

### 1.10. Metodología

#### 1.10.1. Generalidades.

Para realizar nuestra investigación, utilizaremos un modelo a escala reducida, fabricado con acrílico de un grosor considerable, material elegido por su durabilidad y transparencia. Dicho modelo hidráulico de sección rectangular tiene una longitud de 12 metros y una sección transversal de 457 milímetros de ancho y 600 milímetros de altura.

Asimismo, el diseño hidráulico de los vertederos mencionados tendrá como fundamento principal el diseño de la USBR, esto quiere decir, que utilizaremos metodologías de dimensionamiento propuestas por otros autores.

El análisis experimental que realizaremos servirá para determinar la diferencia de presiones en la cresta de los diferentes vertederos y la variación de la trayectoria de la napa; para luego, procesar y comparar los datos obtenidos de forma teórica y experimental.

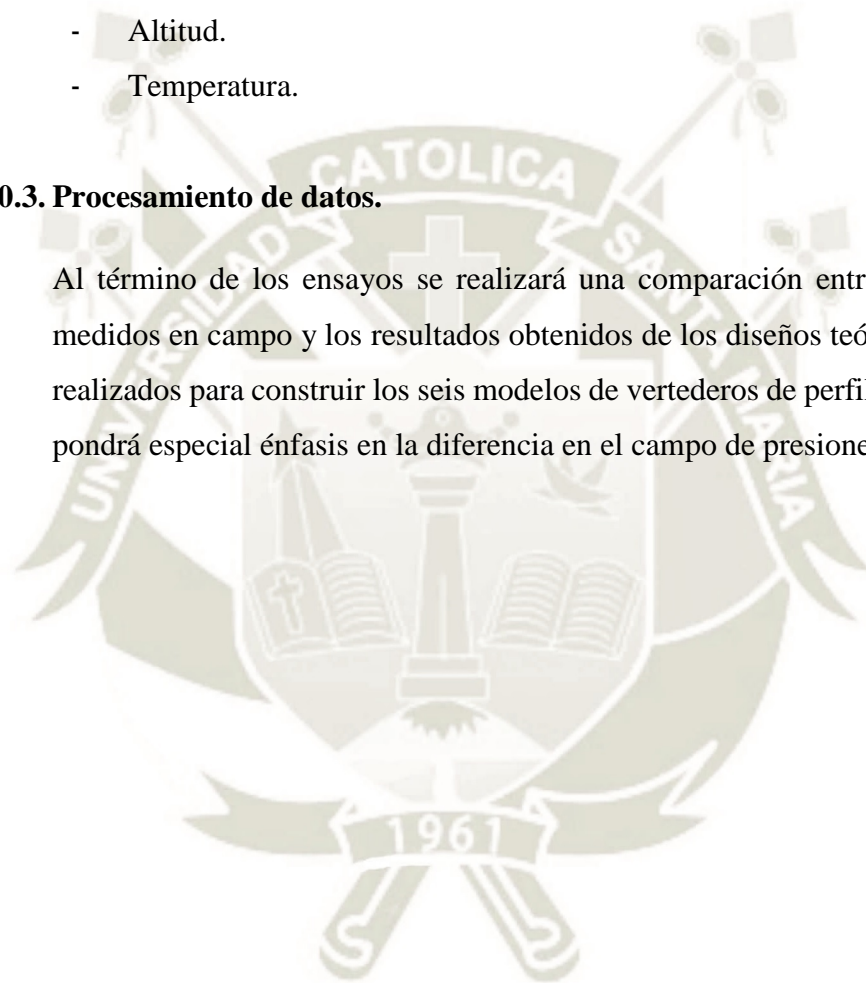
### **1.10.2. Toma de datos.**

Se medirán los siguientes indicadores:

- Caudal.
- Velocidad.
- Altura de agua o tirante.
- Presiones en la cresta de los vertederos.
- Altitud.
- Temperatura.

### **1.10.3. Procesamiento de datos.**

Al término de los ensayos se realizará una comparación entre los parámetros medidos en campo y los resultados obtenidos de los diseños teóricos, que fueron realizados para construir los seis modelos de vertederos de perfil tipo Creager. Se pondrá especial énfasis en la diferencia en el campo de presiones.



## CAPÍTULO 2. ALIVIADEROS

### 2.1. Generalidades

#### 2.1.1. Definición.

Un aliviadero es una estructura hidráulica, de regulación y protección, a través de la cual, circula agua, de forma libre o controlada, en escurrimientos superficiales desaguando diversos caudales. Sin embargo, si se sobrepasa el caudal de diseño, el flujo rebasaría la estructura causando severas consecuencias.

Existen múltiples tipos de aliviaderos según diversos factores y de acuerdo a su uso pueden controlarse o construirse como seguridad. Asimismo, su empleo es exclusivo como desagüe, más no como medición.

#### 2.1.2. Función.

Los aliviaderos se presentan en presas, barreras fabricadas de piedra, concreto u otros tipos de materiales, que permiten emplazar una corriente de agua.

Dichas presas pueden ser de embalse, donde los aliviaderos evacúan el agua sobrante y también, de derivación para desplazar el caudal excedente a un canal artificial, que regrese al curso natural de agua o como protección de zonas cercanas a su recorrido.

Por lo tanto, el diseño de un aliviadero es muy importante sino afectaría la estabilidad de una presa produciendo su rompimiento. En presas de tierra se debe considerar principalmente su capacidad, ya que, al ser rebasadas, se produce su destrucción, en cambio, las presas de concreto armado pueden resistir un incidente de este tipo.

Un diseño adecuado es un ajuste ideal entre el diseño hidráulico y el diseño estructural, además se debe considerar que la superficie de contacto con el agua debe ser resistente a la erosión efecto de grandes velocidades y que el agua vertida no debe producir erosiones al pie de la estructura, incluyendo elementos especiales para su disipación de energía.

### 2.1.3. Caudal del proyecto.

Una avenida o crecida de un río es la elevación del nivel de un curso de agua significativamente mayor que el flujo medio de este. Durante la crecida, el caudal de un curso de agua aumenta en tales proporciones que muchas veces el lecho del río puede resultar insuficiente para contenerlo. Por lo que el diseño, debe prever este evento y asegurar que no se produzcan daños aguas abajo.

Sin embargo, al ser improbable este fenómeno extremo, se debe analizar los desastres producidos si ocurriese, debido a que amerita un costo significativo. Entonces, si este fenómeno involucra pérdidas de vidas humanas y/o daños materiales en proporciones desastrosas, es indispensable realizar un diseño conservador.

En caso solo se ponga en peligro la estructura queda a criterio del diseñador. No obstante, se han precisado cuantiosos casos en los que se produjo la rotura de una pequeña presa con una capacidad poco considerable, que produjo múltiples víctimas y pérdidas materiales, por lo que se recomienda el uso de un diseño conservador.

### 2.1.4. Capacidad del aliviadero.

El régimen de un río durante una tormenta se representa en un gráfico de caudal en función de tiempo, es decir, un hidrograma. De este gráfico se puede percibir la avenida más crítica, la cual debe ser evacuada por un aliviadero de una capacidad suficiente para cumplir dicha tarea.

Sin embargo, para reducir la capacidad del aliviadero se debe elevar la presa y así, conseguir que almacene un volumen mayor por encima del nivel de embalse. Por lo que se requeriría un aliviadero solo en caso de emergencia o si la capacidad de los desagües no es suficiente para descargar dicho caudal excedente.

Para determinar el combinación presa - aliviadero más económico se debe examinar la propagación de la avenida para predecir le relación más eficiente entre el volumen de la presa y la capacidad del aliviadero. Asimismo, se debe determinar las dimensiones mínimas del aliviadero para que éste sea seguro.

### 2.1.5. Efecto del embalse.

El caudal influye en el volumen del embalse ya que la acumulación de agua en este, resulta de la diferencia entre los caudales de entrada y salida. Asimismo, la relación entre el caudal y el tiempo se representa a través del histograma de una avenida.

La capacidad de descarga de un aliviadero depende de sus dispositivos de control. En un aliviadero simple, el caudal varía con la altura de agua sobre la cresta y con el volumen del embalse. Mientras que en un aliviadero de compuertas el caudal puede variar manteniendo la altura de agua al accionar las compuertas.

### 2.1.6. Forma de la lámina vertiente.

Su forma depende de la carga existente, inclinación aguas arriba del vertedero, altura sobre la solera del canal de entrada y la velocidad en la coronación.

Se puede apreciar en la Figura 2-1, la forma de coronación según la USBR, situando los ejes en el punto más alto de la coronación.

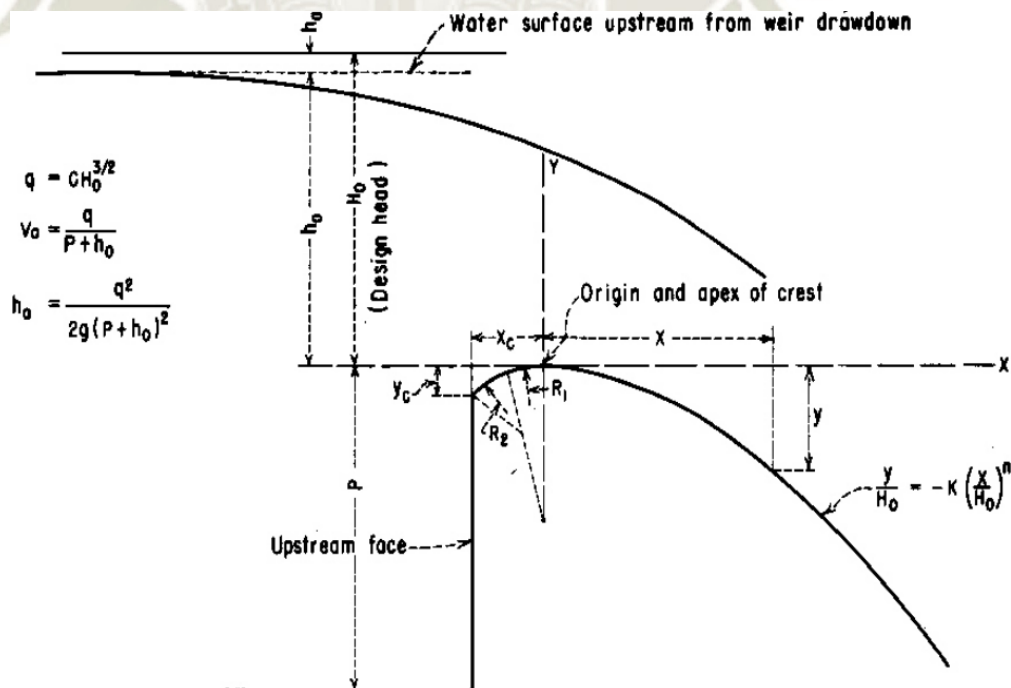


Figura 2-1. Elementos de perfil de un vertedero estricto.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

Aguas arriba del origen se muestra una curva circular compuesta. Mientras que aguas abajo, se presenta una parábola definida por la siguiente ecuación.

$$\frac{y}{H_o} = -K \left( \frac{x}{H_o} \right)^n \quad (2-1)$$

En la cual K y n son constantes y sus valores están definidos por la inclinación y la velocidad del agua.

Además,  $H_o$  es la carga total del proyecto, medido desde el origen o punto más alto del vertedero.

## 2.2. Particularidades de los aliviaderos

### 2.2.1. Componentes de un aliviadero.

#### - Estructuras de control.

Se encarga de regular el caudal de salida, restringiendo la salida de este por debajo del nivel de la presa y regula el desagüe cuando dicho límite es superado por el nivel de agua.

Por lo tanto, la relación entre el caudal y nivel de agua es alterable dependiendo si es o no, un vertedero regulado.

Asimismo, las características de control cambian dependiendo de la altura de carga, pudiendo actuar como vertedero, orificio o tubería a presión en caso de un conducto subterráneo.

Las estructuras de control pueden considerar múltiples ubicaciones y formas, considerando esencialmente un umbral, un vertedero, un orificio o una tubería.

- **Canal de desagüe.**

Mayormente, el flujo de agua proveniente de la estructura de control retorna al cauce del río aguas abajo mediante el canal de desagüe donde altas velocidades de agua producen erosión, entonces la estructura debe ser resistente al desgaste y fuerte para admitir esfuerzos del suelo, subpresiones, carga de agua, etc.

Las necesidades hidráulicas influyen en la elección de sus dimensiones, sin embargo, la forma del perfil y sección transversal y la elección del ancho y longitud son seleccionadas por la topografía y geología del emplazamiento.

- **Estructuras terminales.**

Cuando el flujo de agua es transportado desde el embalse hasta el río, la energía potencial se convierte en energía cinética, percibida en grandes velocidades, que al reprimirse se convierten en presiones altas, por consiguiente, se debe prever socavaciones al pie de la presa o deterioros en las estructuras contiguas.

Para evitar esto, se puede excavar un cuenco amortiguador, recubriendo con concreto la solera y las paredes laterales. También se puede disipar energía antes que llegue al río mediante elementos que cumplan esta función como los resaltes hidráulicos, remolinos, soleras dentadas, dados, etc.

- **Canales de toma y desagüe.**

En el caso de aliviaderos construidos a través de estribos o en función a la pendiente de terreno, pueden necesitarse canales de toma, para conducir el agua hasta el aliviadero y canales de desagüe para luego devolverla al río.

Además, debe limitarse la velocidad inicial y suavizarse las transiciones y curvas del canal para aminorar sus pérdidas de carga y conseguir un caudal uniforme hasta la cresta del vertedero, caso contrario, se producirían erosiones aguas abajo del río además de reducir el caudal desaguado. Por lo que se destaca la importancia de la velocidad y el calado del agua.

### 2.2.2. Tipos de aliviaderos.

Los más comunes son los siguientes:

- **Aliviaderos de pared vertical.**

Llamados también aliviaderos de caída libre, son convenientes para presas con parámetros de aguas abajo casi vertical, donde el flujo de agua cae libremente desde su coronación y en la superficie inferior de la lámina vertiente se tiene la ventilación necesaria para impedir un chorro fluctuante.

Sin embargo, se debe considerar una protección artificial al pie del vertedero que impida erosión alguna, protegiendo la zona con concreto u otro material. Asimismo, se puede aminorar dicha erosión formando un resalto hidráulico con el refuerzo de dados de concreto y un umbral final.

- **Aliviaderos con perfil que se ajusta a la lámina vertiente.**

Su perfil en forma de S o en ojiva es característico, donde la parte superior se adecúa al perfil inferior de la lámina de agua aireada vertida desde un aliviadero de pared delgada, por lo que el flujo debe estar en contacto directo con el perfil del aliviadero, de tal manera que no existe presencia de aire entre ambos.

Entonces, para un caudal de diseño específico, el flujo de agua resbalaría sobre la superficie superior del vertedero, presentándose una máxima eficiencia hidráulica. Para luego, presentarse una recta tangente en el perfil para soportar la lámina de la vertiente y al final se tendría una contracurva, que conduciría dicho flujo hacia la solera del cuenco amortiguador o hasta el canal de desagüe.

Pero, si la superficie se amplifica, se producirían presiones positivas en el área de contacto soportando parte del peso del flujo de agua, desencadenando una curva de remanso y afectando su eficacia. Caso contrario, la superficie tiende a separarse del área de contacto, produciendo presiones negativas que incrementan la carga de agua efectiva y el caudal desaguado.

- **Aliviaderos laterales.**

El labio del aliviadero se encuentra en posición paralela al eje del canal de desagüe, donde el flujo de agua vertido sobre la coronación termina en un canal angosto, luego gira 90° y continúa por el canal de desagüe.

- **Aliviaderos en laberinto.**

Amplía la longitud de coronación para requerir menos altura de la lámina vertiente. Dicha longitud adicional resulta de repetidas formas triangulares o trapezoidales colocados sobre el vertedero, los cuales permiten el flujo de un caudal mayor y una menor altura de la lámina de agua.

- **Aliviaderos circulares o “morning glory”.**

Tiene tres partes principales: un vertedero de control, una transición vertical y un conducto cerrado de desagüe. Su entrada es en forma de cráter y desde su toma de agua horizontal desciende el flujo hacia un pozo vertical para luego dirigirse horizontalmente hacia el cauce del río aguas abajo.

- **Aliviaderos dentados.**

Se presentan varios niveles, por donde desciende el agua de un nivel a otro a través de un dentado que disipa energía mientras el flujo de agua recorre el vertedero, obteniéndose velocidades mínimas al final del vertedero, por lo tanto, no se recomienda usar una estructura amortiguadora.

- **Aliviaderos en conducto abierto.**

El flujo de agua se dirige desde el embalse hacia el río aguas abajo a través de una rápida, canal abierto o canal de descarga y se encuentra perpendicular al elemento de control. Asimismo, las líneas de corriente antes y después del elemento de control son paralelas al eje de control.

- **Aliviaderos en conducto cerrado.**

Llamado también, aliviadero en conducto o en túnel, cuando se emplean canales de desagüe cerrados.

- **Aliviaderos en conducto enterrado.**

Es una adaptación del vertedero en conducto cerrado o en túnel.

### 2.2.3. Capacidad de aliviaderos.

La elección de un aliviadero involucra una relación conveniente entre el volumen del embalse y la capacidad del mismo considerando diversos factores hidrológicos, hidráulicos, de diseño, de costo y posibles daños.

Asimismo, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Características del hidrograma.
- Daños si existiera o no la presa.
- Daños en el caso de rotura de alguna estructura.
- Variación de daños para distintas combinaciones de presa y aliviadero.
- Variación del costo para múltiples capacidades del aliviadero.
- Uso de desagües.

Después de elegir las dimensiones y el tipo de aliviadero, se calcula el máximo caudal de salida y el máximo nivel de agua en la presa. Para luego, realizar combinaciones de diversas capacidades para un mismo aliviadero, calculando a su vez, el costo del aliviadero y de la presa para cada diseño, lo que permitirá la relación más económica. Sin embargo, en presas pequeñas se considera también su adaptabilidad.

Si las condiciones de emplazamiento son propicias para construir un aliviadero auxiliar, debe considerarse la posibilidad de obtener ventajas económicas en este diseño proyectando que el aliviadero principal pueda evacuar avenidas habituales y el aliviadero auxiliar, el exceso de corriente de agua cuando se produzcan avenidas extraordinarias, pero menos frecuentes.

#### 2.2.4. Elección del tipo de aliviadero.

Se debe considerar diversos factores que influyen al elegir el tipo y tamaño de vertedero, para seleccionar el mejor diseño. Para luego, elegir las dimensiones exactas del vertedero al determinar el caudal de desagüe mediante la regulación de la avenida y los distintos elementos de acuerdo a la topografía y cimentación presente en el proyecto.

Además, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos debido a que la elección de una dimensión para un elemento del vertedero hidráulico, influye en la selección de otros elementos del mismo.

- Condiciones de emplazamiento.
- Pendiente del terreno,
- Clase y volumen de cimentación.
- Erosión y necesidad de revestimiento.
- Permeabilidad y resistencia del cimiento.
- Estabilidad de taludes.

#### 2.2.5. Vertederos controlables.

En presas grandes, se utilizan mayormente compuertas de sector y compuertas dentadas, mientras que, en presas pequeñas, se recomiendan dispositivos con ataguías y compuertas basculantes o de sector y compuertas rectangulares.

- Las ataguías sirven para aumentar el nivel del embalse sobrepasando el nivel fijado para la coronación del aliviadero.
- Las compuertas deslizantes rectangulares son dejadas en ranuras presentes en las pilas laterales.
- Las compuertas con ruedas o rodillos son compuertas rectangulares con ruedas o rodillos montados en los extremos y se usan al necesitar compuertas mayores.
- Las compuertas de sector están formadas por un fragmento cilíndrico unido a los soportes por vigas radiales y ejes.

## 2.3. Hidráulica en vertederos

### 2.3.1. Generalidades.

#### - **Altitud**

La altitud es inversamente proporcional a la presión atmosférica, ya que a medida que aumenta la altitud, la presión atmosférica disminuye y cuanto más se asciende, menos aire queda encima, por lo que su peso es menor.

Sin embargo, esta disminución no es uniforme al no tratarse de una función lineal, ya que al principio disminuye rápidamente, porque la atmósfera va perdiendo densidad a medida que la altitud aumenta, lo que significa que el aire se va enrareciendo.

Las presiones atmosféricas de Arequipa, Perú y Vicksburg, MS, Estados Unidos son 1027 hPa y 1012 hPa, respectivamente (Worldmeteo, 2019).

#### - **Viscosidad del fluido**

La viscosidad es una propiedad ocasionada por las fuerzas de cohesión molecular de los fluidos, al mismo tiempo, es la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad y refleja su resistencia al movimiento.

En otras palabras, refleja la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza. Cabe resaltar que, al aumentarse la temperatura, la viscosidad de todo líquido disminuye, mientras que la viscosidad de todo gas aumenta.

Es necesario indicar que los efectos de viscosidad son insignificantes y, por lo tanto, las características de presión del vertedero son funciones de la geometría del vertedero (Cassidy, 1964), además la fricción hidráulica tiene poca o ninguna importancia en sus efectos sobre la descarga del vertedero, a menos que la viscosidad cinemática sea anormalmente grande (Groat, 1930).

- **Rugosidad del canal**

Se investigó el efecto de la rugosidad de la superficie de la cresta de los modelos y se descubrió que era insignificante (Nagler y Davis, 1930).

Además, como caso extremo, se unieron arena fina a la superficie de dos modelos a escala reducida y predijeron la misma relación de descarga con o sin la superficie rugosa (Soucek, 1944).

- **Velocidad de aproximación**

Es la velocidad media en un corte transversal situado aguas arriba, a una distancia de hasta diez veces el ancho de la solera del vertedero.

En el caso de un canal, si la profundidad del vertedero es mucho mayor que la carga de agua, entonces la velocidad de aproximación tiende a cero y se puede afirmar que es despreciable. (Rocha, 2007)

### 2.3.2. Tipos de flujo.

Si se tiene en cuenta la variación respecto al tiempo, el flujo se divide en:

- Flujo Permanente, mantiene constantes sus características o propiedades hidráulicas si la profundidad en el canal no varía en el tiempo.
- Flujo no Permanente, difieren sus características o propiedades hidráulicas si la profundidad en el canal varía en el tiempo.

Si se tiene al espacio como criterio, el flujo se divide en:

- Flujo Uniforme, las características hidráulicas no varían en la sección en que la profundidad se mantiene constante en el canal.
- Flujo Variado, si la profundidad varía en cada sección del canal, difieren sus características hidráulicas.

Si se tiene en cuenta el caudal o gasto, el flujo se divide en:

- Flujo Continuo, es aquel donde el caudal no varía a lo largo del canal.
- Flujo Discontinuo, aquel donde el caudal varía a lo largo del canal debido al vertido o desagüe de fluido.

### 2.3.3. Capacidad de descarga.

La capacidad de descarga de un vertedero de cimacio está en función de la longitud efectiva de la cresta, la carga de operación, la profundidad del canal de acceso, la geometría y las dimensiones del perfil.

El coeficiente de descarga  $C$  depende de muchas variables:

- El calado de aproximación.
- La relación entre la forma real de la coronación y la forma ideal.
- La inclinación del parámetro de aguas arriba.
- La interferencia del zampeado de aguas abajo.
- El calado de aguas abajo.

En la altura sobre la coronación  $H$ , se debe incluir las pérdidas por rozamiento, curvatura, en la entrada o durante la transición, en caso sean considerables.

### 2.3.4. Pilas y estribos.

Si se consideran estos elementos sobre la coronación del vertedero, la lámina vertiente se agita produciendo contracciones laterales. Entonces, la longitud efectiva del vertedero,  $L_e$ , es menor que la total o neta,  $L$ .

El coeficiente de contracción debido a las pilas,  $K_p$  depende de la forma y posición de la pila, de la altura de agua y de la velocidad y sus valores medios varían desde 0.00 a 0.02, según las condiciones de los tajamares.

El coeficiente de contracción debido a los estribos,  $K_a$  depende de la forma, ángulo entre el muro aguas arriba y el eje del caudal, velocidad y la relación de la carga en cada momento a la de proyecto,  $H_o$  y sus valores medios también varían desde 0.00 a 0.02.

### 2.3.5. Calado de aproximación.

Un vertedero de caída libre, genera una considerable contracción vertical de la lámina vertiente, originada por velocidades pequeñas. Pero al incrementarse esta velocidad, la contracción vertical y el calado de aproximación se reducen.

Para este tipo de vertederos, si su altura es superior a la quinta parte del espesor de la lámina del caudal vertiente, el coeficiente de desagüe es 1.82, caso contrario, la contracción del caudal y el coeficiente de desagüe disminuyen. Además, cuando la altura de la presa es cero, la contracción desaparece y se convierte en un vertedero de pared gruesa con un coeficiente igual a 1.704.

Por otra parte, al relacionar los coeficientes de contracción con las alturas de carga medidas desde el punto de máxima contracción, se determinan los valores de los coeficientes de desagüe de tal forma que se acomode a la forma de la lámina vertiente dependiendo de la velocidad aplicada.

### 2.3.6. Carga de agua.

Una estructura hidráulica se diseña para un suceso ideal, sin embargo, esto ocurre muy rara vez.

Por lo que, en caso de vertederos, si el perfil de la lámina vertiente es más ancha que la de diseño, producirá presiones positivas a lo largo de la coronación, reduciendo su caudal. Caso contrario, se obtienen presiones negativas y se eleva su caudal.

### 2.3.7. Inclinación aguas arriba.

La inclinación del parámetro de aguas arriba del vertedero aumenta con el coeficiente de desagüe, siempre y cuando la relación entre el calado de aproximación y la altura de agua sobre la coronación sea pequeña.

Pero si la relación entre el calado de aproximación y la altura de agua sobre la coronación es grande, el coeficiente de desagüe disminuye considerando una pendiente muy pequeña.

### 2.3.8. Interferencia al pie del vertedero.

Un vertedero está sumergido cuando el nivel aguas abajo del mismo es suficientemente elevado para perturbar el caudal.

También, el coeficiente de desagüe se modifica a causa su dependencia por la distancia vertical de la coronación a la solera y la profundidad del caudal aguas abajo.

Hay cinco tipos de caudales según las posiciones de la solera y nivel de agua.

- En régimen supercrítico.
- Resalto hidráulico parcial aguas abajo de la coronación.
- Resalto hidráulico completo.
- Resalto sumergido.
- No se produce resalto alguno.

### 2.3.9. Efectos de la altitud.

- **Aceleración de la gravedad**

El valor de la aceleración de la gravedad es  $32.2 \text{ ft/s}^2$ . La Figura 2-2 presenta la variación de la aceleración de la gravedad con la altitud para las latitudes del norte de 30 a 50 grados. El valor de  $g$  para el nivel del mar en el ecuador es  $32.088 \text{ ft/s}^2$  y en Fairbanks, Alaska, es  $32.227 \text{ ft/s}^2$ .

Los valores teóricos de la aceleración de la gravedad al nivel del mar se basan en la fórmula internacional de gravedad convertida a unidades inglesas (Swick, 1942).

$$g_o = 32.08822 (1 + 0.0052884 \sin^2 \emptyset - 0.0000059 \sin^2 2\emptyset) \quad (2-2)$$

donde:

$$\begin{aligned} g_o &= \text{aceleración de la gravedad al nivel del mar en } \text{ft/s}^2, \\ \emptyset &= \text{latitud en grados.} \end{aligned}$$

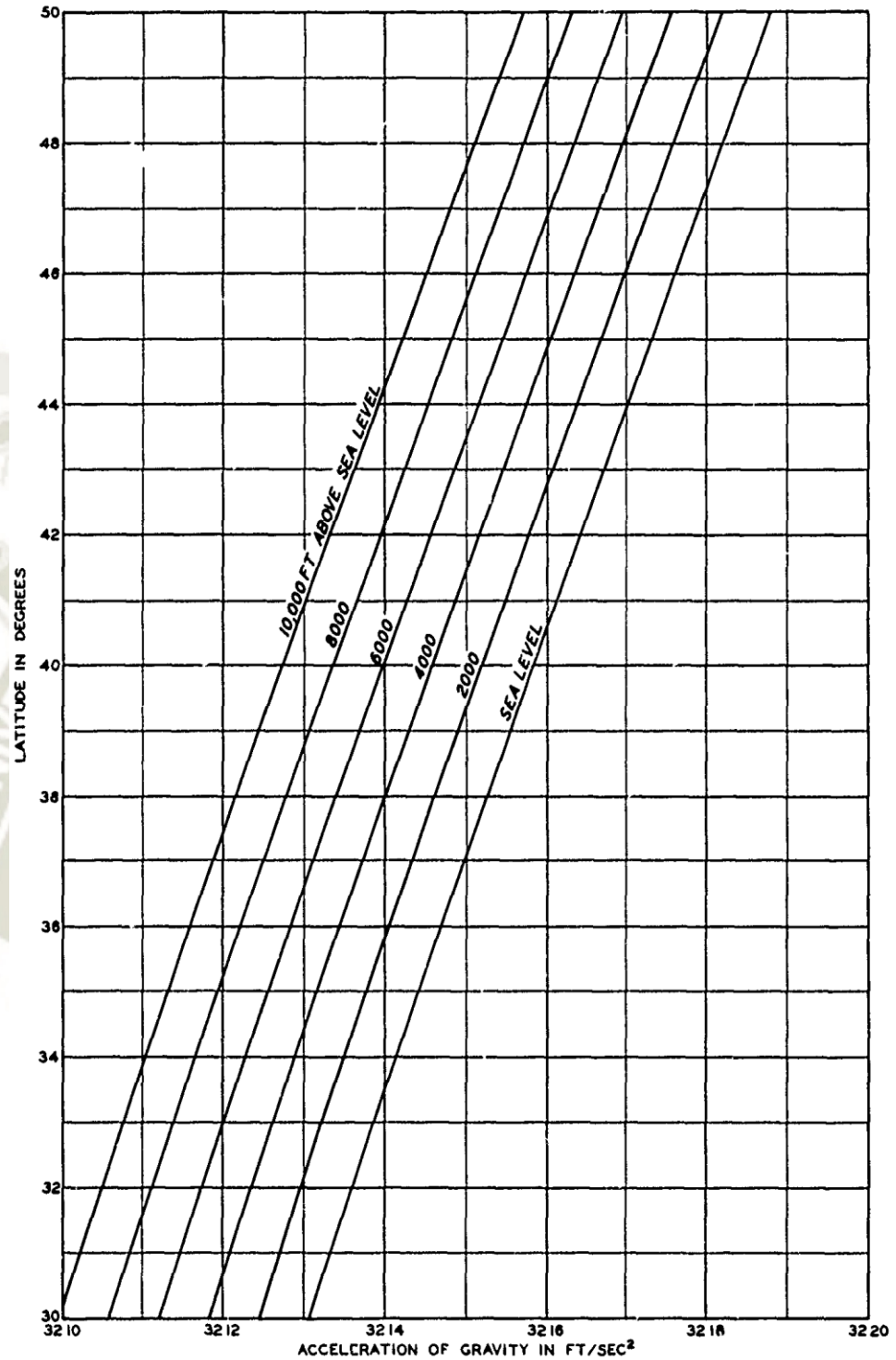


Figura 2-2. Efectos de la latitud y altitud en la aceleración de la gravedad.

Fuente: Army Engineer, 1977.

La corrección por la altura sobre el nivel del mar está contenida en la ecuación:

$$g_H = g_o - 0.000003086 H \quad (2-3)$$

donde:

$g_H$  = aceleración de la gravedad a una altitud dada en  $ft/s$ ,  
 $H$  = elevación sobre el nivel del mar en  $ft$ .

Los valores de la aceleración de la gravedad medidos por un péndulo están disponibles en la Encuesta costera y geodésica (Duerksen, 1949).

- **Cavitación**

El índice de cavitación tiene en cuenta la presión de vapor del agua.

$$K_i = \frac{h_o - h_v}{V_o^2 / 2g} \quad (2-4)$$

donde:

$h_o$  = presión absoluta en  $ft$ ,  
 $h_v$  = presión de vapor de agua en  $ft$ ,  
 $V_o$  = velocidad del agua en  $ft/s$ .

- **Presión barométrica**

La presión absoluta  $h_o$  es la presión barométrica menos la presión negativa medida desde la presión atmosférica. El índice de cavitación depende de la presión barométrica. Para una geometría y condiciones de flujo similares, la posibilidad de que ocurra cavitación es mayor cuando la altitud es más alta. Además, el efecto de la altitud sobre las posibilidades de cavitación es más evidente que el efecto de la temperatura.

En la Figura 2-3 se muestra la variación de la presión barométrica con la altitud (King, 1939).

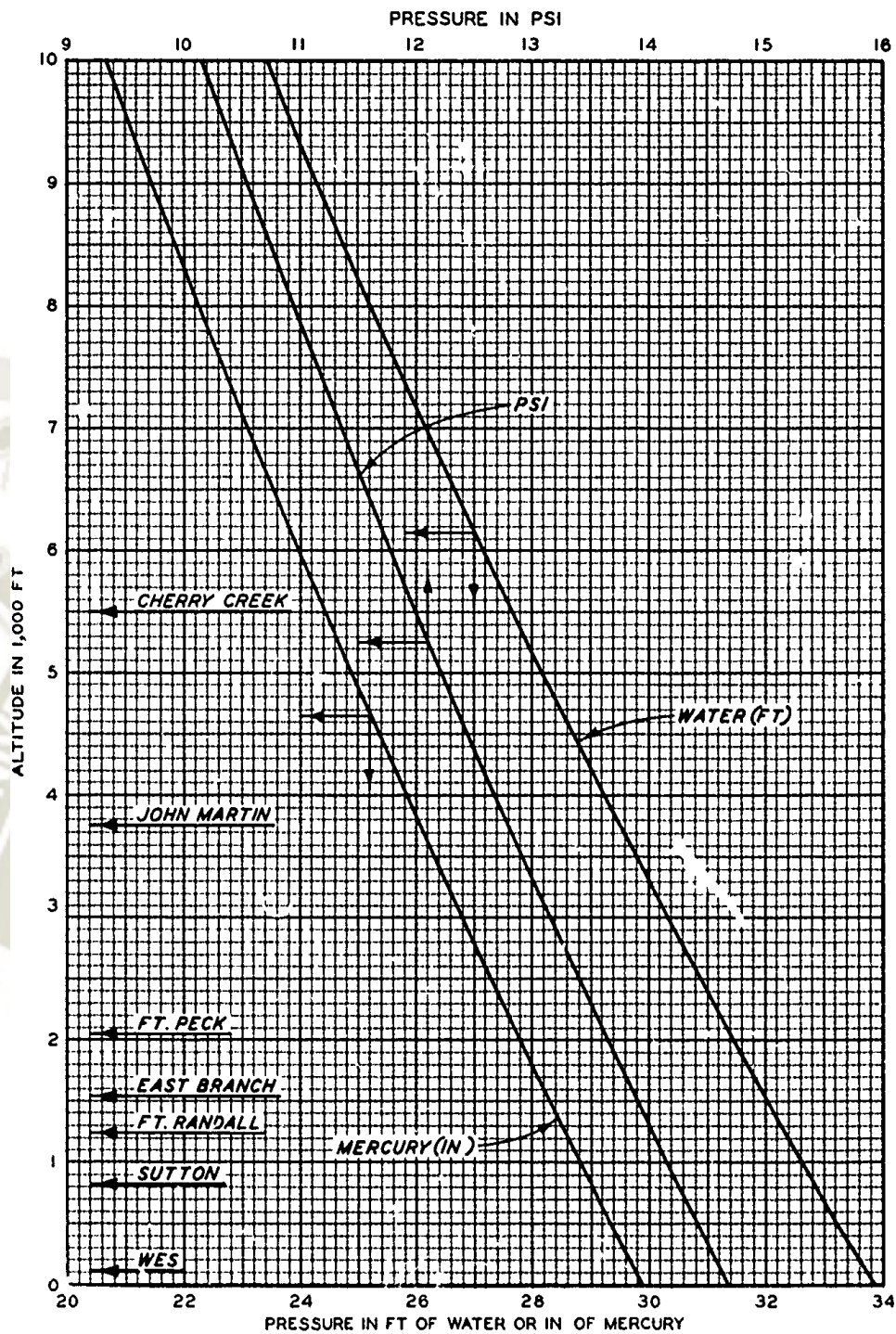


Figura 2-3. Variación de la presión barométrica con la altitud.

Fuente: Army Engineer, 1977.

## CAPÍTULO 3. Vertedero de perfil Creager

### 3.1. Introducción

Según la Real Academia de Ingeniería, un perfil Creager es un perfil utilizado para evacuar caudales de creciente, pues la forma especial de su cresta permite la máxima descarga al compararlo con otra forma de vertedero para igual altura de carga de agua.

Un vertedero de perfil Creager pertenece a la clasificación de vertederos de pared gruesa, debido a que su umbral tiene una longitud suficiente para que se admita una distribución hidrostática de presiones y una altura considerable como para provocar el paso sobre él con régimen crítico.

### 3.2. Antecedentes

Fawer (1937) empieza a realizar sus investigaciones acerca de los vertederos de cresta redonda, con la premisa de justificar los alcances que dio Prasil (1926), siendo esta teoría comprobada con los resultados obtenidos de forma experimental. Además, su solución gráfica aporta el máximo caudal para una carga sobre la cresta de acuerdo al principio que postuló Belanger (1849).

A mediados del siglo XX, Jaeger (1956) presentó una serie de expresiones matemáticas a las que él nombró como “Ecuaciones Básicas del Flujo Curvilíneo Gradualmente Variado en Canales”. De esta manera, con estas referencias, Jaeger comenzó a analizar el flujo que actuaba en un vertedero de cresta redonda y determinó la distribución de velocidades en la cresta y la expresión que delimita el caudal vertido. Finalmente, con las pesquisas recopiladas y las leyes de energía específica mínima, pudo obtener una expresión para el tirante crítico en la cresta y una curva teórica que describe el coeficiente de descarga.

Por su parte, Kanpp (1960), estableció la influencia de la curvatura del fondo en curvas verticales cóncavas o convexas, determinó la distribución del campo de presiones en la sección y el valor de la energía para vertederos de tipo cimacio, con el apoyo de los resultados experimentales de US Bureau of Reclamation (1987).

### 3.3. Vertederos en perfil estricto

#### 3.3.1. Perfil Creager.

Un vertedero es una estructura por donde circulará una corriente de agua y será vertida a una cota inferior, por lo tanto, su perfil debe adaptarse a la cara inferior de la lámina vertiente y así, soportar la erosión del agua.



*Figura 3-1. Presa de Aldeadávila.*

*Fuente: Agudelo, J. (2014).*

Su objetivo es acompañar a la corriente de agua que pasa sobre el mismo, para ello, su diseño será para un caudal de cálculo determinado, por lo que, para caudales menores, la lámina se deprime ejerciendo un empuje sobre la pared del perfil que se traduce en presiones mayores a la atmosférica produciendo erosión y, para caudales mayores, la lámina se despega del perfil, originando depresiones hasta que el caudal sea lo suficientemente grande como para que la lámina inferior del flujo se separe completamente de la superficie en mención produciendo su desconche.

Por lo tanto, P. Creager propuso este perfil, teniendo como base los estudios de H.E.Bazin, donde el diseño está definido por puntos como se observa en la tabla presente en la Figura 3-2. Se incluye además los perfiles superior e inferior de la lámina vertiente de forma adimensional.

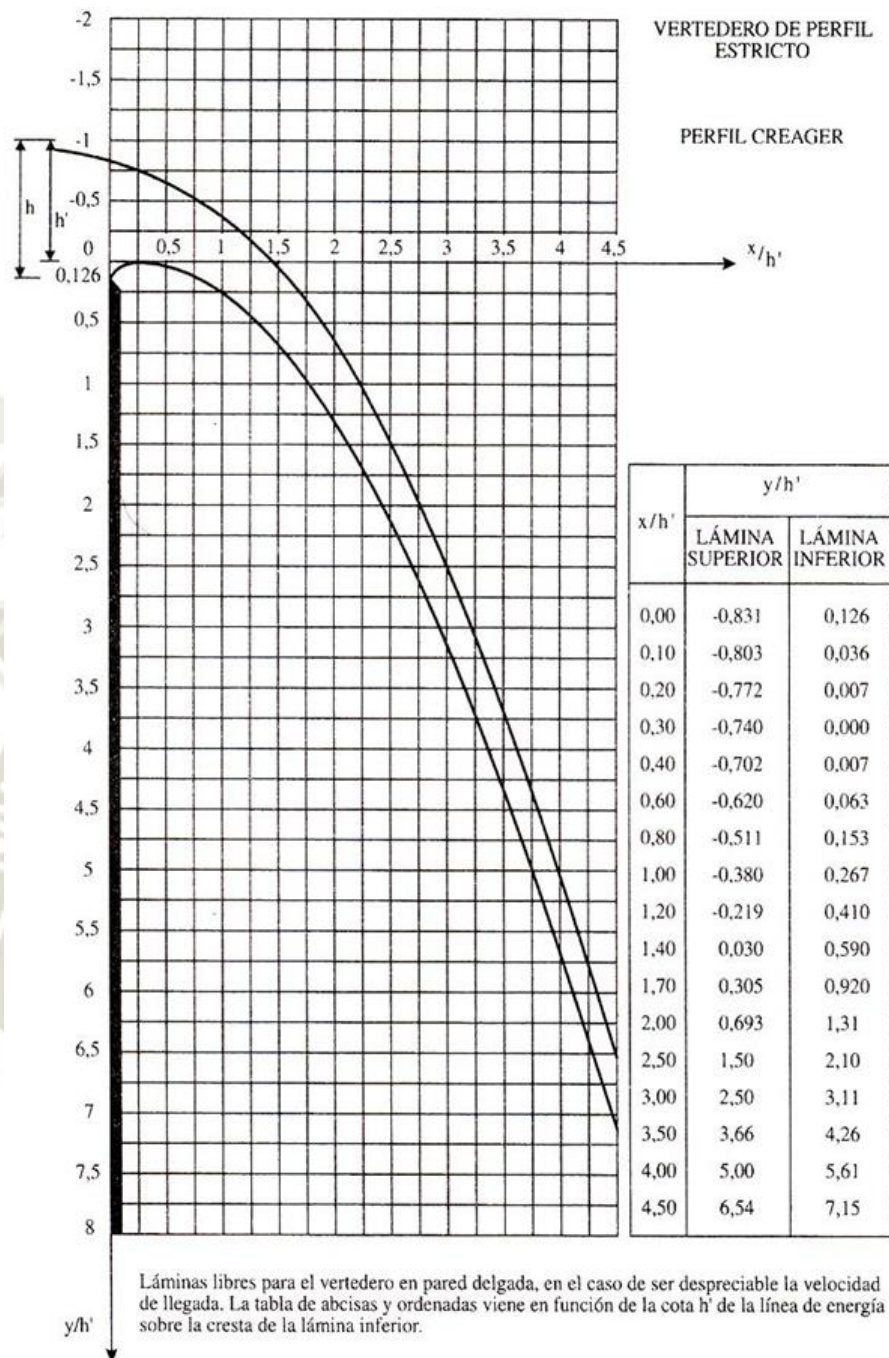


Figura 3-2. Coordenadas iniciales del perfil Creager.

Fuente: CIDTA, 2016.

donde:

$x/h'$  = coordenada  $x$  referida a la carga  $h'$ ,

$y/h'$  = coordenada  $y$  referida a la carga  $h'$ .

La relación entre la altura de la lámina  $h'$ , medida desde el punto más alto de la cara inferior, y la altura  $h$ , medida desde el umbral de la pared delgada, se concluye de los registros de los científicos y es:

$$h = 1,126 h' \quad (3-1)$$

Entonces, si la lámina vertiente es igual a la que sirvió para el trazado del perfil, debe coincidir con los de un vertido libre en pared delgada.

$$q = \frac{2}{3} 0.661 \sqrt{2g} h^{\frac{3}{2}}$$

$$q = 1.804 h^{3/2} \quad (3-2)$$

Reemplazando la Ecuación (3-1) en la Ecuación (3-2).

$$q = 1.804 h^{3/2}$$

$$q = 1.804 (1.126 h')^{3/2}$$

$$q = 2.16 h'^{3/2} \quad (3-3)$$

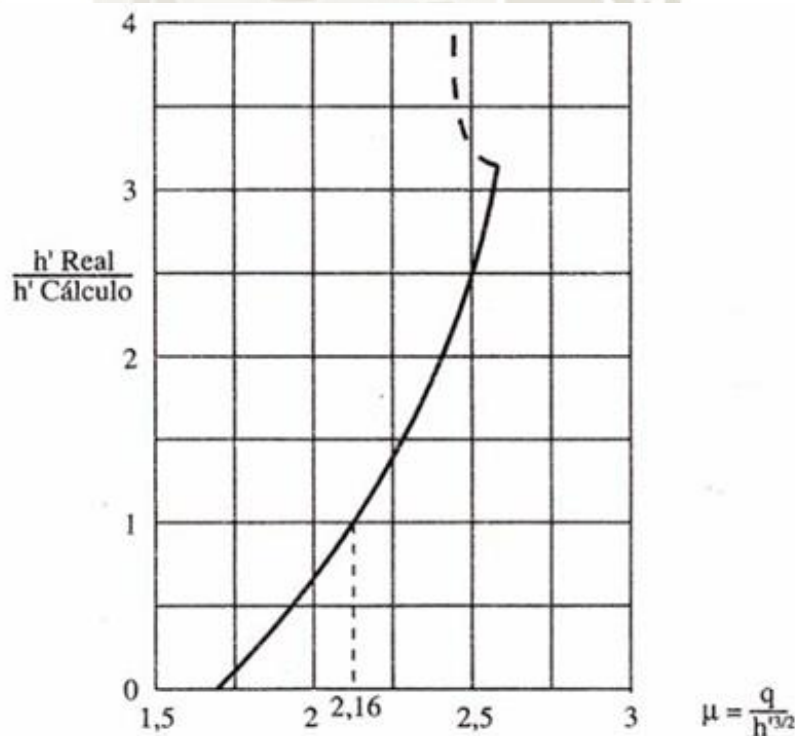


Figura 3-3. Valores del coeficiente de desagüe.

Fuente: CIDTA, 2016.

Para un caso general, la ecuación será la siguiente, donde  $\mu$  es el coeficiente de desagüe y varía según los valores de  $h'$  como se muestra en la Figura 3-3.

$$q = \mu h'^{3/2} \quad (3-4)$$

Además, a partir de una cierta altura, experimentalmente el triple de la altura de cálculo, la lámina vertiente se separa de la pared del vertedero.

### 3.3.2. Perfil Bradley.

Como continuación de los trabajos de Creager, Bradley propuso un perfil igual a la forma del perfil Creager, pero incluyendo la siguiente ecuación para el perfil aguas abajo y usando un cuarto de elipse de ejes  $0.282 h'$  y  $0.126 h'$  para el perfil aguas arriba como se muestra en la Figura 3-3.

$$\left(\frac{x}{h'}\right)^{1.85} = 2 \frac{y}{h'} \quad (3-5)$$

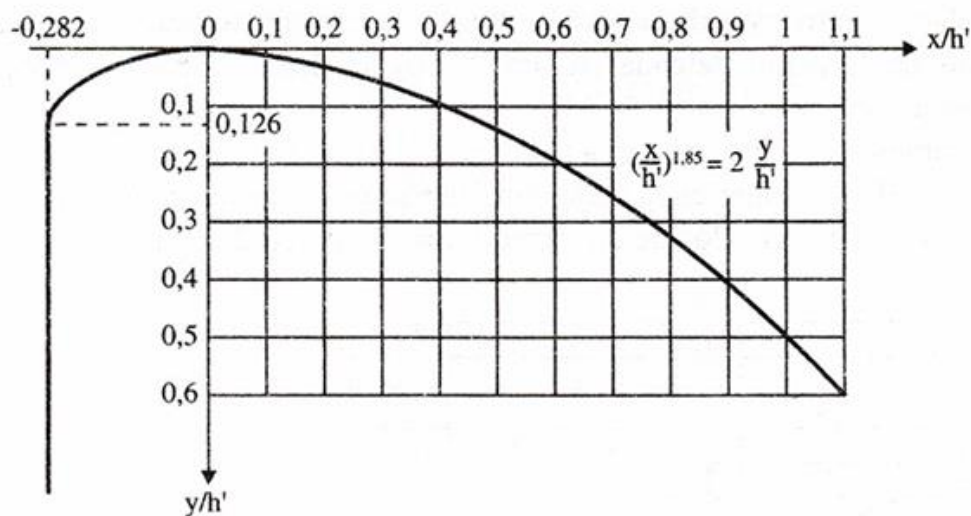


Figura 3-4. Perfil Bradley.

Fuente: CIDTA, 2016.

Es importante recalcar que el perfil Creager y el perfil Bradley, no tienen en cuenta la velocidad de llegada, la inclinación del parámetro aguas arriba del vertedero ni otros factores que influyen en el perfil del vertido, por lo que se puede afirmar que es válido usarse cuando la influencia de éstos es muy pequeña.

### 3.3.3. Perfiles del Bureau of Reclamation.

El Bureau of Reclamation es un organismo dependiente del Departamento de Interior de EE.UU. que supervisa la gestión de los recursos de agua.

Por lo tanto, ha realizado el estudio de los perfiles de la lámina inferior del flujo, teniendo en cuenta todos los factores que influyen en su comportamiento. De este modo, publicó ábacos y tablas que permiten realizar el diseño de los perfiles para sus caudales correspondientes.

El perfil tiene los mismos ejes del perfil Bradley, estando definida la zona aguas abajo por una parábola y, la zona de aguas arriba por una curva circular compuesta como se muestra en la Figura 3-5.

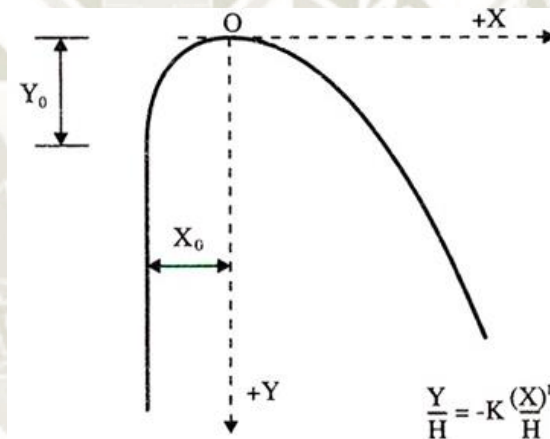


Figura 3-5. Perfil del Bureau of Reclamation.

Fuente: CIDTA, 2016.

Además, el caudal unitario desaguado está en función del coeficiente de desagüe  $\mu$ , definido en tablas de forma experimental, y por la altura H.

$$q = \mu H^{3/2} \quad (3-6)$$

Por lo tanto, se percibe que la Ecuación (3-6) es similar a la Ecuación (3-4) del perfil Creager.

Por otro lado, este diseño se trata de una sucesión de curvas, cuyos radios son proporcionales a la altura de lámina de agua en la cresta del perfil del vertedero, como se muestra en la Figura 3-6.

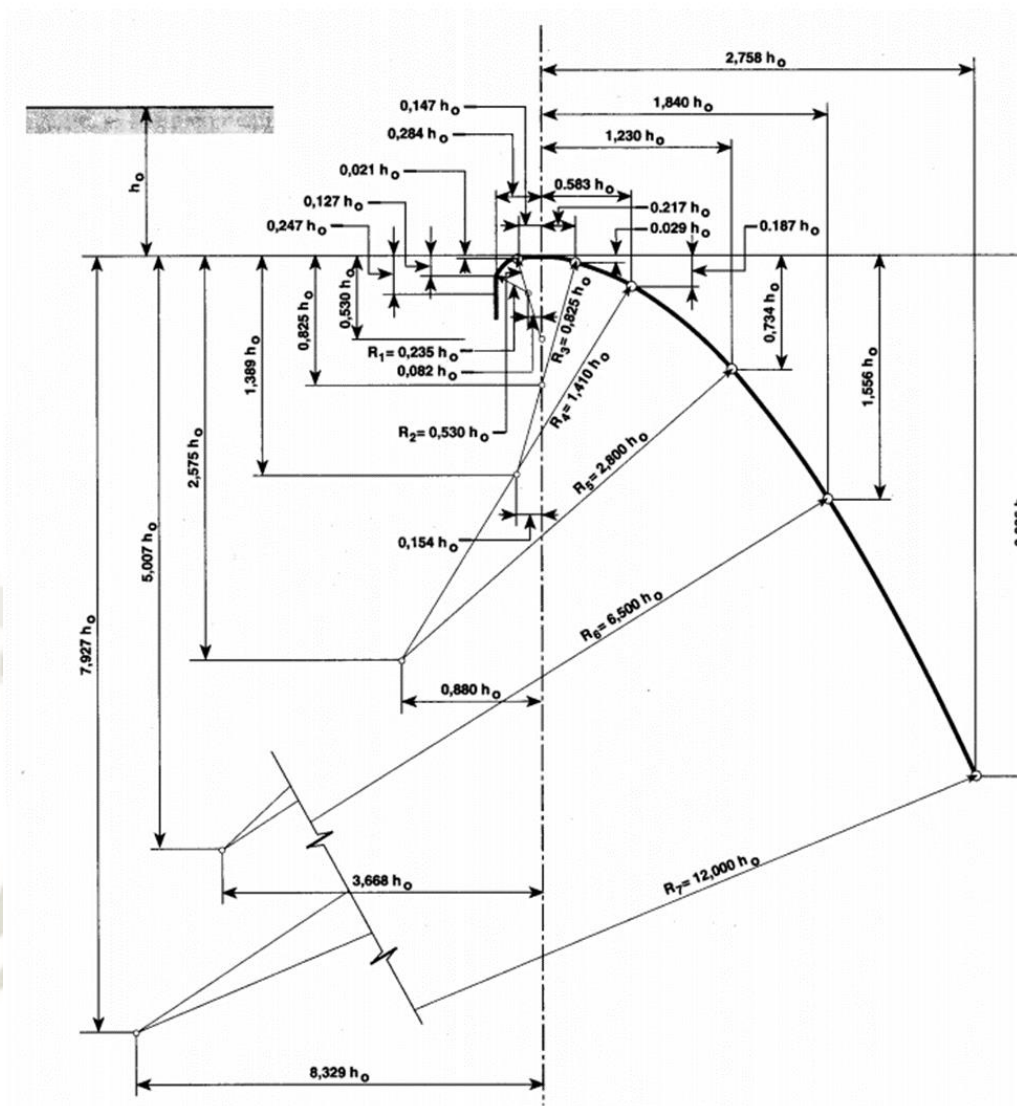


Figura 3-6. Perfil del Bureau of Reclamation mediante sucesión de curvas.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

Sin embargo, diseñar un perfil de esta manera es complicado, por eso se usan una serie de gráficos y ecuaciones para facilitar el diseño.

### 3.4. Aspectos generales

Los vertederos de cimacio constan de una cresta de pared gruesa, cuyo perfil se debe aproximar a la forma de la napa inferior del flujo que se vierte sobre esta, lo cual permite desarrollar un mejor coeficiente de descarga y proveer una óptima estabilidad estructural a través del peso del concreto que se utiliza para realizar la obra.

Es posible que el perfil pueda variar aquella forma, siempre y cuando se garantice mantener un cambio mínimo en el coeficiente de descarga. Por lo general la forma

continúa con una tangente, con gran pendiente y de poca extensión, que culmina en otra superficie de curvatura opuesta a la cresta y finaliza en tangente a la base de un canal de conducción.

El vertedero cimacio es una sección de control, con una descarga que puede ser libre o controlada, el de descarga libre, no permite elementos adicionales para regular las descargas, y el ingreso se realiza libremente sobre la cresta, dejando que su forma en planta sea recta o curva, por otro lado el de descarga controlada es totalmente opuesto, es decir que se utilizan diferentes tipos de compuertas sobre la cresta y la forma que adopta en planta es estrictamente recta o poligonal en algunos casos, cuenta con pilas intermedias para apoyar a las compuertas.

Para transportar el agua hacia el vertedero por lo general es necesario un canal de acceso corto, usualmente horizontal, que tiene como función captar el agua del vaso de almacenaje y conducirlo hasta la cresta del cimacio con poca velocidad de distribución, para eliminar las zonas muertas, además debe ser perpendicular a la cresta en cada punto. La velocidad del flujo en el canal de acceso y la profundidad con respecto a la cresta poseen influencia significativa en la descarga y en el diseño del perfil del vertedero.

La napa vertiente sobre el cimacio en su caída libre, produce un flujo rápidamente variado por los cambios tan violentos y usuales en la curvatura de las líneas de flujo y junto con el salto hidráulico, constituyen eventos muy frecuentes.

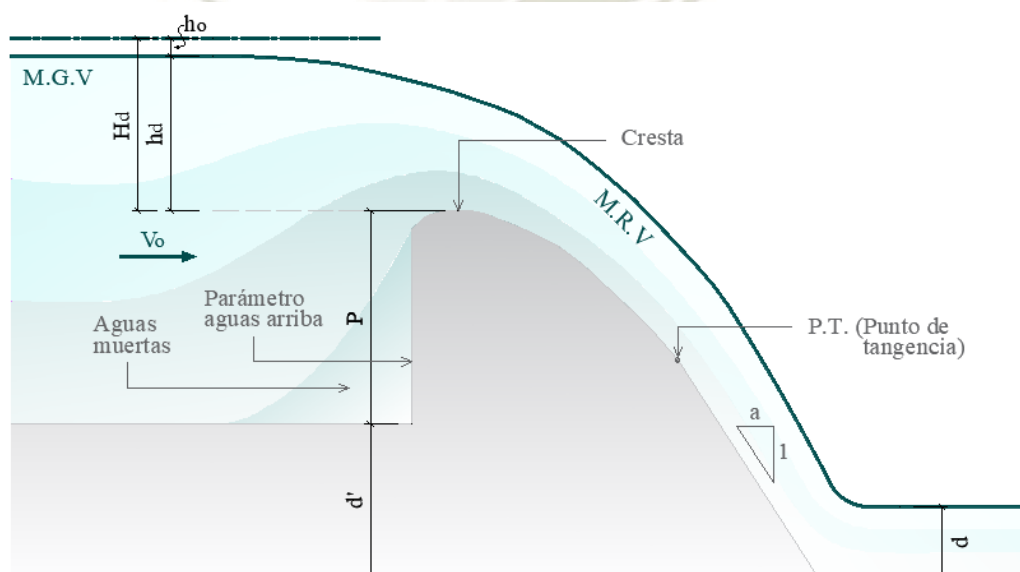


Figura 3-7. Perfil de un vertedero de perfil Creager.

Fuente: Elaboración propia.

donde:

$P$  = umbral o profundidad,

$h_o$  = carga de velocidad,

$h_d$  = carga de agua,

$H_d$  = carga total de agua,

$a$  = talud del parámetro aguas abajo,

$V_o$  = velocidad de llegada,

$M.G.V.$  = movimiento gradualmente variado,

$M.G.V.$  = movimiento rápidamente variado.



## CAPÍTULO 4. Modelo hidráulico

### 4.1. Modelación hidráulica

La modelación se usa para predecir el comportamiento del flujo en una estructura o prototipo a escala real mediante un modelo a escala reducida que esté relacionado a este. De esta manera, su estudio sirve para recaudar información necesaria para comprender la naturaleza del prototipo.

Este procedimiento se basa en principios que incluyen teorías de similitud hidráulica y es una solución factible optimizando la parte económica y técnica, ya que permite realizar simulaciones bajo condiciones controladas de laboratorio.

Los modelos de estructuras son usados para resolver problemas hidráulicos, en este caso, cuantificaremos las presiones presentes en la cresta de los vertederos, directamente relacionadas a la velocidad y altura de agua presentes aguas arriba del mismo.

Cabe resaltar que la modelación hidráulica representa a un flujo con mayor fidelidad y detalle que un cálculo teórico, por lo que los diseños se ajustarían mejor a los requerimientos reales, que se traduce en un significativo impacto económico.

Por una parte, se disminuye el riesgo de diseñar una estructura que incumpla con las necesidades del proyecto produciendo pérdidas económicas o aún peor, pérdidas humanas y, por otro lado, se reduce la posibilidad de un diseño sobredimensionado que requiera de inversiones innecesarias.

### 4.2. Descripción del modelo

El modelo hidráulico se trata de un sistema de recirculación de agua y consta de un canal de aproximación de longitud considerable y sección transversal específica, con una grada intermedia, que permite instalar cada uno de los seis vertederos de perfil Creager, por separado. Dichos vertederos se ajustan a un determinado diseño, por lo que, cada uno tiene un perfil diferente.

Por este canal pasa un flujo con una altura de agua y velocidad variable, que se miden, aguas arriba del vertedero mencionado, con dispositivos de precisión.

Luego, cuando el flujo llega al vertedero, pasará por medidores de presión en la cresta del mismo, para luego, terminar de deslizarse por este y seguir su recorrido a través del canal hasta desembocar en un gran depósito artificial de agua o una piscina de almacenamiento.

De forma paralela, el agua sale de la piscina de almacenamiento a través de conductos cerrados de diámetro considerable que se conectan a cuatro bombas hidráulicas, que, a su vez, están conectadas a tuberías de PVC con dirección a la poza de disipación.

El flujo converge con gran velocidad a la poza de disipación, donde el agua se estabiliza al pasar por unas rejillas, para iniciar nuevamente el recorrido pasando por el canal de aproximación o desaguarse a través de dos tuberías ubicada en la parte inferior de la poza controlada por válvulas.



*Figura 4-1. Modelo hidráulico a escala reducida.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.2.1. Canal de aproximación.

- **Descripción.**

Es un modelo a escala reducida con una longitud total de 12 000 milímetros y una sección transversal de 457 milímetros de ancho y 620 milímetros de altura. Se divide longitudinalmente en dos tramos de igual longitud, separados por una caída de 500 milímetros, que permite que el flujo de agua se precipite a una cota inferior.

Cada tramo se divide en cuatro elementos de longitud similar, por lo que hay ocho elementos unidos por pernos para imposibilitar el paso del agua a través de sus uniones. Asimismo, cada elemento tiene dos paredes de acrílico transparente de 6 milímetros de espesor, para visualizar el comportamiento del flujo y para que resista la presión ejercida por el agua sobre las mismas. Además, dichas paredes están sostenidas por un marco metálico y unidas por una base metálica plana.

Además, el canal de aproximación está soportado por ocho estructuras metálicas con mecanismos que ayudan a modificar la pendiente longitudinal de la misma. Las cuatro primeras, tienen una altura de 1 300 milímetros, mientras que las cuatro últimas, ubicadas a partir de la grada o caída, tienen una altura de 800 milímetros.



*Figura 4-2. Canal de aproximación.*

*Fuente: Elaboración propia.*

### - **Calibración**

Consiste en adecuar las condiciones y características físicas e hidráulicas del canal de aproximación a escala reducida con las del prototipo. En este caso, se debe cumplir que la base del canal de aproximación sea una superficie lisa de pendiente cero.

Debido al uso de una lámina metálica como base, se comprueba que su rugosidad es mínima por lo tanto se considera un material liso que cumple con los criterios requeridos.

Sin embargo, para lograr una pendiente horizontal se requiere de equipos precisos, por lo que se usó un teodolito y una mira para obtener un ángulo igual a cero en la base o cara inferior de cada uno de los elementos mencionados anteriormente.



*Figura 4-3. Calibración de canal de aproximación con teodolito y mira.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.2.2. Vertederos de perfil Creager.

Son modelos a escala reducida, que se incorporan en el canal para poder simular el comportamiento del flujo al atravesar la caída sobre un vertedero. Para poder tener mayor espectro de datos y mayor confiabilidad de los mismos se realizaron seis modelos de vertederos.

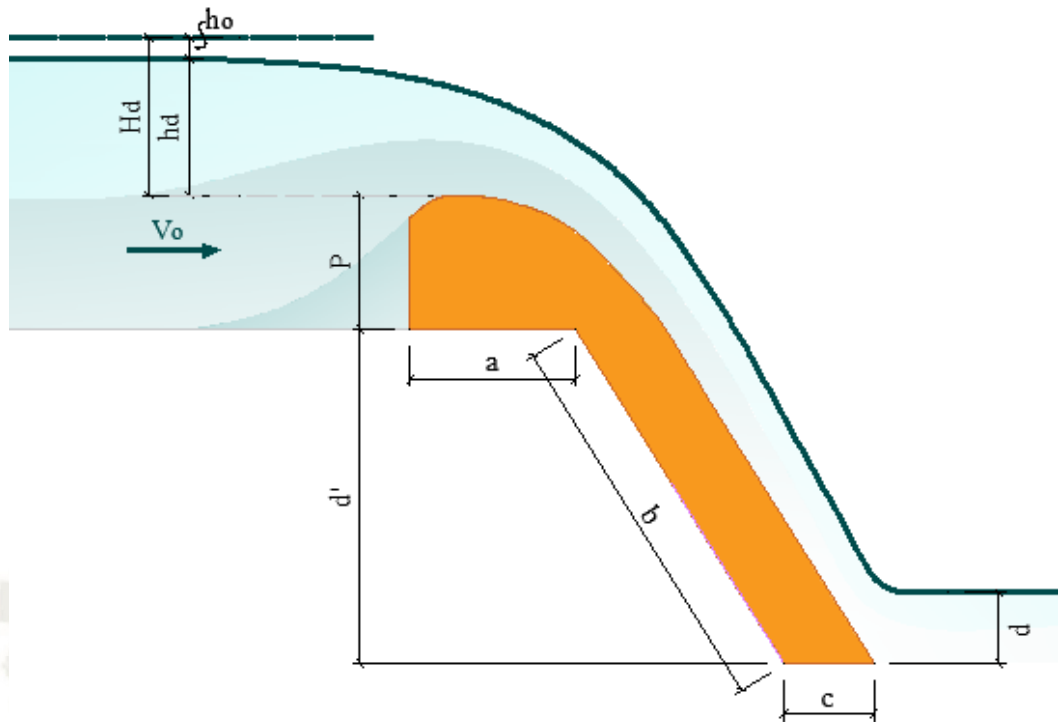
Su diseño hidráulico tiene como fundamento principal la norma de la USBR, esto quiere decir que, para cada diseño, se tiene un vertedero específico, por lo tanto, todos tienen una silueta diferente pero un mismo ancho de 457 milímetros que encaja en la caída o grada presente en la mitad del canal de aproximación, pero se recubre con silicona para evitar el paso del agua por los bordes.

Además, están fabricados con láminas de acero de 3 milímetros de espesor, recubiertos con pintura para evitar su corrosión al estar en contacto directo con el flujo de agua y estar expuesto a presiones positivas o negativas, dependiendo de la carga de agua aplicada.

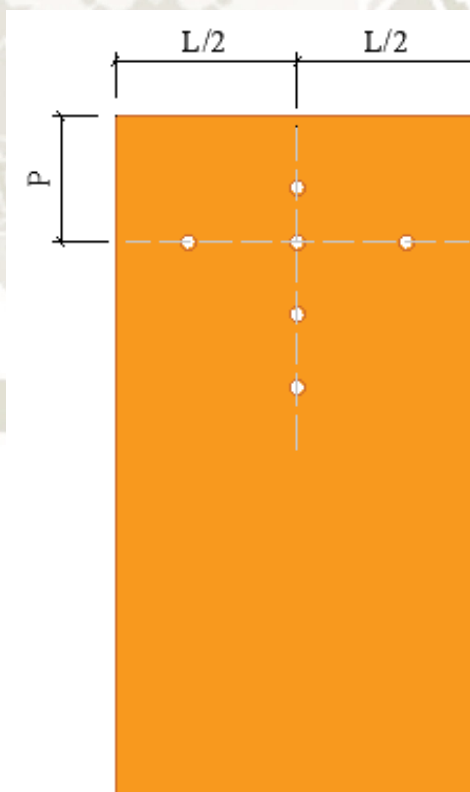


*Figura 4-4. Vertedero de perfil Creager instalado y en funcionamiento.*

*Fuente: Elaboración propia.*



a) Perfil de vertederos de perfil Creager.



b) Planta de vertederos de perfil Creager.

Figura 4-5. Geometría de vertederos de perfil Creager a escala reducida.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3. Vertederos de pared delgada.

Son prototipos a escala reducida, que se dividen en dos partes: un mecanismo de acero ajustable revestido de pintura para evitar su deterioro debido a su exposición a agentes corrosivos, principalmente el agua, y seis láminas rectangulares de acrílico transparente con alturas diferentes, según el diseño de cada vertedero.

Además, cuenta con pernos hexagonales y tuercas que permiten su incorporación y ajuste en el canal de aproximación, para simular el comportamiento del flujo aguas abajo de este vertedero. Para su comparación posterior, se realizaron seis modelos de vertederos, misma cantidad de los vertederos de perfil Creager.

Su diseño hidráulico tiene como fundamento principal la norma de la USBR, por lo que la altura de cada uno de estos es igual a la altura del paramente en el diseño de vertederos de perfil Creager, por lo tanto, todos tienen una altura diferente pero un mismo ancho de 457 milímetros que encaja en la caída o grada presente en la mitad del canal de aproximación, que al igual que en los vertederos anteriores se recubre con silicona para evitar el paso del agua por los bordes.



*Figura 4-6. Vertedero de pared delgada con orificios cubiertos con cinta.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.2.4. Depósito de Almacenamiento.

Se utilizó una piscina abierta como depósito de almacenamiento de base circular de 12 pies de diámetro (3.66 metros) y una altura igual a 30 pulgadas (0.76 metros). Es decir, que puede almacenar un volumen de 2.78 metros cuadrados.

La marca de la piscina es Intex con un modelo A 12'x30'' F B02 18 R0 y ha sido fabricada con tres capas de plástico endurecido resistente a la punción.



*Figura 4-7. Depósito de almacenamiento de agua.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.2.5. Poza de disipación.

Es una estructura de volumen prismático con la cara superior abierta, cuya base es rectangular de 3 000 milímetros de largo y 900 milímetros de ancho y tiene una altura de 1 100 milímetros.

Asimismo, está compuesto por un armazón de acero de un grosor de 3 mm, y unas paredes de acrílico transparente de 6 mm de espesor, de la misma forma que en el canal de aproximación. También, tiene una barra de sección transversal rectangular de acero que se encuentra en la parte externa del prisma y a la mitad del mismo de forma longitudinal, para evitar la deformación de las paredes por la presión del agua sobre las mismas.

También, para disminuir la turbulencia del agua dentro de la estructura, se colocaron dos mallas de plástico endurecido.



*Figura 4-8. Poza de disipación.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Además, la poza de disipación cuenta con dos desagües ubicados en la base, cada uno de ellos consta de una tubería de PVC con un diámetro de 2" y una válvula esfera de PVC de 2" para controlar la salida del agua cuando se requiera.



*Figura 4-9. Desagüe de la poza de disipación.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.2.6. Dispositivos mecánicos.

##### - Bomba hidráulica

Una bomba hidráulica es un dispositivo que permite impulsar un fluido desde un lugar a otro de mayor altitud, transforma la energía con la que funciona (mecánica o eléctrica) en energía de un fluido (hidráulica) para que este se pueda desplazar.

Cabe resaltar, que las bombas no generan presión, sino que producen el movimiento de un fluido (caudal), el cual desarrolla presión en el sistema, resultado de la resistencia al flujo.

El sistema de bombeo empleado está constituido por cuatro motobombas, tres de las cuales son motobombas gasolineras MEBA con una potencia de 15 HP y una es una motobomba gasolinera Humboldt GP80 con una potencia de 7 HP.

##### - Motobomba gasolinera 15hp 4"x4" - MEBA



*Figura 4-10. Motobomba marca MEBA.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Potencia	:	15 HP.
Alcance	:	2000 L/min
Diámetro de succión	:	4"

Diámetro de impulsión : 4”  
Tipo de encendido : Manual

- **Motobomba gasolinera 7hp 4”x4” – Humboldt GP80**



*Figura 4-11. Motobomba marca Humboldt.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Potencia : 7HP  
Capacidad : 1000 L/min  
Diámetro de succión : 4”  
Diámetro de impulsión : 4”  
Tipo de encendido : Manual

Cabe resaltar que ambos tipos de bombas hidráulicas tienen un mismo diámetro de succión e impulsión.

Por lo tanto, se usó una tubería rugosa de PVC flexible de 4 pulgadas de diámetro con dirección a la piscina y, dos tipos de tuberías con dirección a la poza de disipación: una tubería lisa de PVC flexible de 4 pulgadas de diámetro y una tubería rígida de PVC del mismo diámetro, con uniones necesarias para su óptima instalación y uso.

#### 4.2.7. Dispositivos eléctricos.

##### - Transmisores de presión

Los transmisores o sensores de presión son equipos que convierten el valor de la presión o variación de la misma de una línea de aire comprimido en una señal eléctrica que permite ser usado en cualquier equipo de control (ver Anexo A).

Dichos dispositivos se ubican en la cresta de los vertederos de perfil Creager y sirven para determinar la diferencia de presiones en dichos puntos establecidos, para luego, procesar y comparar los datos obtenidos de forma experimental con los obtenidos en el diseño teórico.



*Figura 4-12. Transmisores de presión BD SENSORS DMP 331.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Marca	:	BD SENSORS.
Modelo	:	DMP 331
Presión Nominal	:	0 – 100 mbar
Resistencia a la presión de vacío	:	100 mbar
Señal de salida	:	4 – 20 mA
Exactitud (Presión nominal < 0.4 bar)	:	$\leq \pm 0.50 \% \text{ FSO}$
(Presión nominal $\geq 0.4 \text{ bar}$ )	:	$\leq \pm 0.35 \% \text{ FSO}$

FSO: Medición en ese instante.

Es importante calibrar los transmisores de presión antes de instalarlos en los vertederos mencionados para que estos puedan ofrecer una mayor precisión de los resultados, minimizando de esta manera, la incertidumbre de medida.

Por lo tanto, para calibrar estos dispositivos, se utilizó un tubo de acrílico transparente, graduado por los lados, con el fin de poder medir la altura de agua presente en la misma. Asimismo, este tubo tiene perforaciones en la base, para colocar los sensores y, por consiguiente, obtener la presión hidrostática que hay sobre cada uno de estos.

Una vez realizado este procedimiento, se tendrá dicha medida como referencia y se deberá corregir hasta que el valor arrojado sea el mismo, para luego repetir el ensayo incrementando la altura de agua en la tubería para asegurar que el aparato marque lo mismo que se observa en la escala graduada de la tubería.



*Figura 4-13. Tubo de acrílico graduado con transmisores de presión instalados en su base para calibrarse.*

*Fuente: Elaboración propia.*

## - Controlador

El MultiCon CMC-141 es un potente y versátil controlador multicanal compacto, el cual tiene la capacidad para grabar datos (ver Anexo A).

Asimismo, es un dispositivo industrial que integra funciones avanzadas de control y registro de objetos controlados, en este caso, se registrarán los resultados obtenidos de los transmisores o sensores de presión.

Marca	: Simex
Modelo	: MultiCon CMC-141
Dimensiones	: 144 x 144 x 100 mm.
Monitor	: TFT colour graphic display 3.5"
Módulos de entrada	: 72 entradas analógicas de 4 – 20 mA.
Señal de salida	: 4 – 20 mA
Velocidad de registro	: 0,1 s a 24 h con resolución de 0,1 s



*Figura 4-14. Controlador MultiCon CMC-141.*

*Fuente: Elaboración propia.*

## - **Flujómetro**

El flujómetro es un instrumento que se usa para medir el caudal de un fluido mediante el método de área-velocidad. Consta de un sensor ultrasónico y un transmisor de presión, los cuales, al sumergirse en el flujo, determinan la velocidad y el nivel del fluido en contacto, tomando en cuenta la geometría del canal en el que se encuentra instalado (ver Anexo A).

Este sensor de velocidad usa las partículas en suspensión para reflejar una onda de ultrasonido, la cual es directamente proporcional a la velocidad del fluido.

Marca	: Sontek
Modelo	: IQ Plus
Aplicación	: Todos los canales abiertos
Rango de muestreo	: 0.05 – 5.0 m.
Rango de velocidad	: $\pm 5$ m/s
Exactitud	: $\pm 1\%$ de la medición de velocidad
Rango de profundidad	: 0.05 – 5.0 m.
Exactitud del nivel de agua	: 0.1% de la medición de profundidad.



*Figura 4-15. Sensor de velocidad.*

*Fuente: Elaboración propia.*

## CAPÍTULO 5. Métodos de diseño

### 5.1. Diseño del perfil Creager

#### 5.1.1. Condiciones de diseño.

Según el USBR (1987), el perfil Creager se ajusta perfectamente a la lámina vertiente que corresponde a un solo caudal. Pero, este último es variable, generando un cambio en sus condiciones de operación, pudiendo funcionar con mayor o menor eficiencia.

Entonces, para el diseño del perfil se debe elegir un caudal de diseño que mayormente es la carga máxima que se espera descargar sobre el vertedero para lograr el mejor funcionamiento de la estructura hidráulica para cualquier condición de operación.

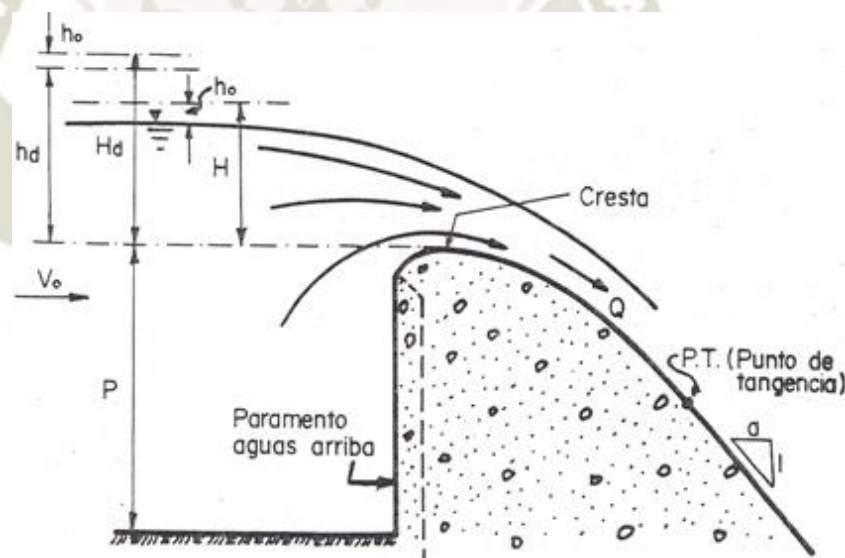


Figura 5-1. Vertido libre sobre un cimacio.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

Según la Figura 5-1 la carga de diseño incluye la carga de velocidad de llegada que depende de las dimensiones y profundidad del canal.

$$H_d = h_d + h_o \qquad h_o = \frac{V_o^2}{2g}$$

$$H_d = h_d + \frac{V_o^2}{2g} \qquad (5-1)$$

### 5.1.2. Caudal evacuado y coeficiente de descarga.

La ecuación general de vertederos para el cálculo del caudal o capacidad de descarga es la siguiente:

$$Q = C Le H^{3/2} \quad (5-2)$$

donde:

$Q$  = caudal o descarga en  $m^3/s$ ,

$C$  = coeficiente de descarga en  $m^2/s$ ,

$Le$  = longitud efectiva de la cresta o coronación en  $m$ ,

$H$  = carga total de operación, incluyendo carga de velocidad de llegada en  $m$ .

La carga total de operación se traduce en la altura de la lámina vertiente sobre la cresta o coronación, incluyendo la altura debida a la velocidad de aproximación  $h_o$ .

Asimismo, la velocidad de llegada está en función del gasto, la profundidad y la carga de operación en el vertedero.

$$V_o = \frac{q}{P + H} \quad (5-3)$$

donde:

$V_o$  = velocidad de llegada en  $m/s$ ,

$q$  = gasto unitario en el canal de llegada  $m^2/s$ .

$P$  = profundidad respecto a la cresta en el canal en  $m$ .

El coeficiente de descarga  $C$  ha sido obtenido de manera de forma experimental y adquiere el valor de  $C_o$  para el caso en el que la carga de operación es igual a la de diseño y el paramento aguas arriba es vertical.

$$\frac{H}{H_d} = 1 \quad (5-4)$$

Asimismo, depende de la carga de operación  $H$ , la carga de diseño  $H_d$ , la profundidad del canal de acceso  $P$ , el talud de la cara aguas arriba y el grado de ahogamiento de la descarga.

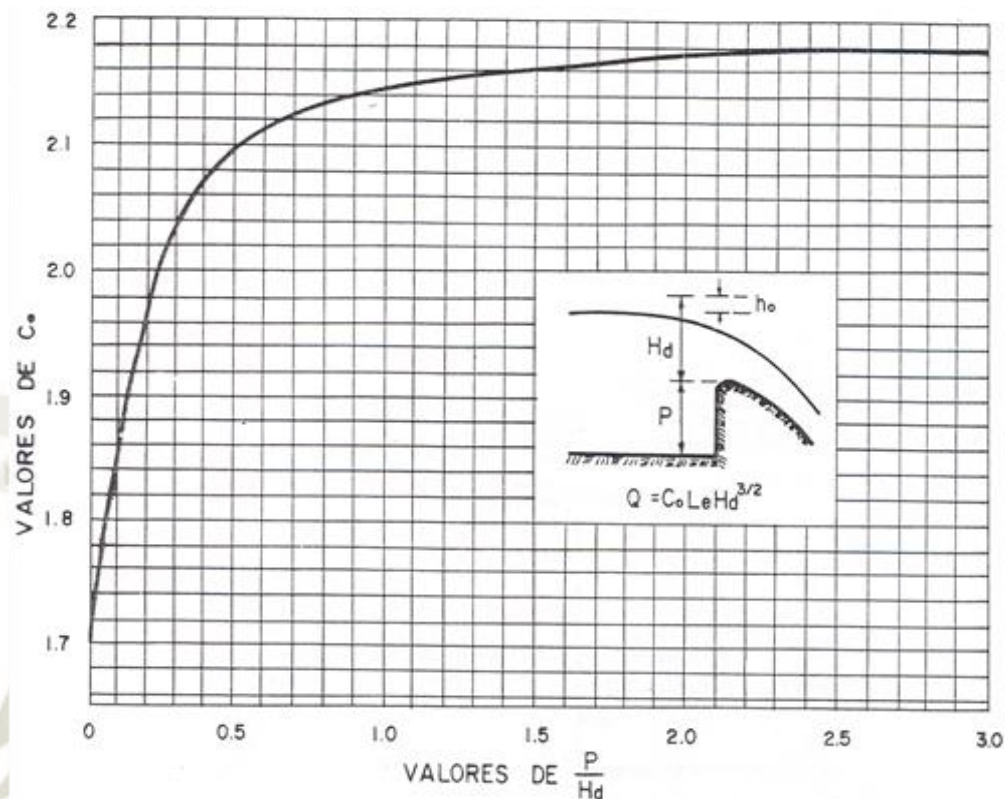


Figura 5-2. Coeficiente de descarga vertiendo con la carga de diseño.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

En la Figura 5-2, el coeficiente  $C_o$  varía desde 1.705 que corresponde a un vertedero de cresta ancha hasta un máximo de 2.181, a partir del cual es constante.

Pero, cuando la carga de operación es distinta a la de diseño y se mantiene vertical la cara aguas arriba, el coeficiente de descarga varía con la relación  $H/H_d$ , como lo muestra la Figura 5-3, en la que  $C_o$  es el coeficiente obtenido de la Figura 5-2.

Es idóneo elegir una carga de diseño menor a la máxima de operación, ya que al ocurrir esto, el coeficiente  $C$  es mayor que  $C_o$ , logrando mejores condiciones cuando la carga máxima se presenta con la restricción de la presión negativa máxima tolerable sobre el vertedero.

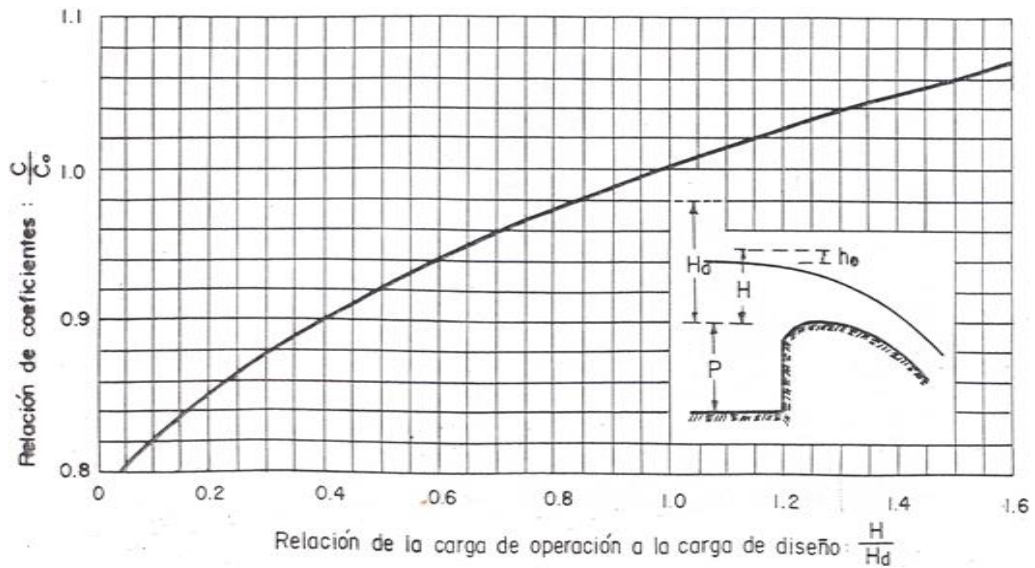


Figura 5-3. Coeficiente de descarga vertiendo con cargas diferentes a la de diseño.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

Adicionalmente, si el parámetro aguas arriba del vertedero es inclinado con una carga de operación igual a la de diseño, el coeficiente de descarga varía con la relación  $P/H_d$  y con el talud, como lo muestra la Figura 5-4 en la que  $C_{vertical}$  es el coeficiente obtenido de las Figuras 5-2 y 5-3.

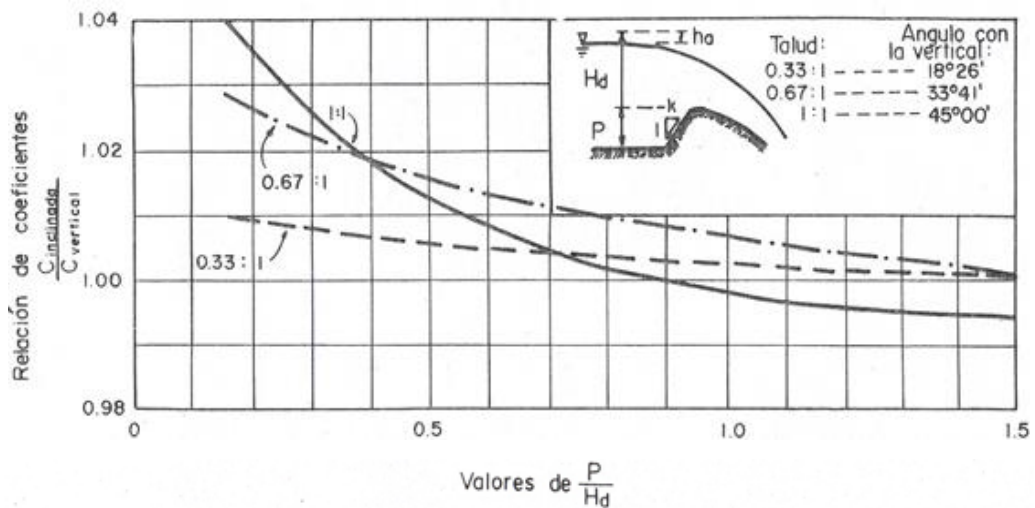


Figura 5-4. Coeficiente de descarga de parámetros aguas arriba inclinado.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

En la medida que  $P/H_d$  crece, el coeficiente del paramento inclinado  $C_{inclinado}$  tiende al valor del paramento vertical  $C_{vertical}$ .

De forma que, el valor del coeficiente de descarga  $C$  se obtiene del valor de  $C_0$  obtenido de la Figura 5-2 corregido por las Figuras 5-3 y 5-4, según corresponda.

Otro factor importante en el valor del coeficiente  $C$  es la elevación relativa del piso y superficie libre, aguas abajo del vertedero de cimacio, puesto que sus efectos van desde la permanencia del flujo supercrítico hasta la formación de salto hidráulico, ahogamiento de la descarga y reducciones significativas del coeficiente de descarga.

Dicha reducción del coeficiente de descarga ha sido obtenida de forma experimental en la Figura 5-5 para vertederos de cara vertical aguas arriba, como un porcentaje de corrección que se debe aplicar al obtenido de las Figuras 5-2 y 5-3.

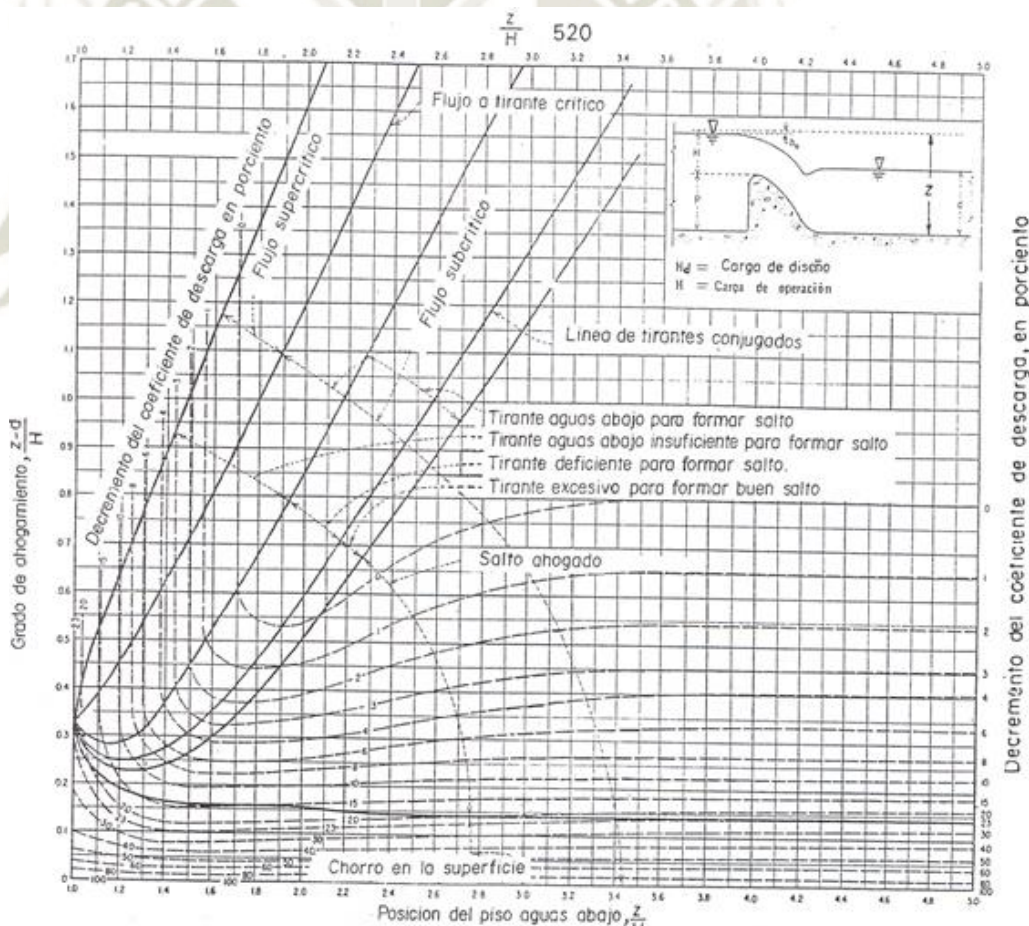


Figura 5-5. Efecto del nivel del piso y la superficie libre aguas abajo del vertedero.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

De acuerdo con los valores de la posición del piso aguas abajo y del grado de ahogamiento, se obtendrá un punto ubicado dentro de la Figura 5-5, que permitirá conocer el porcentaje de reducción del coeficiente  $C$  y las condiciones en que ocurre el flujo aguas abajo, de acuerdo con la zona en que esté ubicado.

Se muestran cinco zonas características:

- El flujo continúa a régimen supercrítico.
- Ocurre un salto hidráulico parcial aguas abajo del vertedero.
- Se presenta un salto hidráulico verdadero
- Sucede un salto ahogado, donde el flujo desciende sobre el vertedero a gran velocidad, para luego continuar con una trayectoria fluctuante considerable.
- No ocurre salto, el flujo se separa del perfil del vertedero, desacelerándose.

Al ocurrir las condiciones de las dos primeras zonas, en la Figura 5-6 se muestra los efectos del nivel del piso aguas abajo sobre el coeficiente de descarga, donde la reducción del coeficiente de descarga se debe a un efecto de contrapresión del piso aguas abajo y es independiente a los efectos de ahogamiento por el nivel de salida.

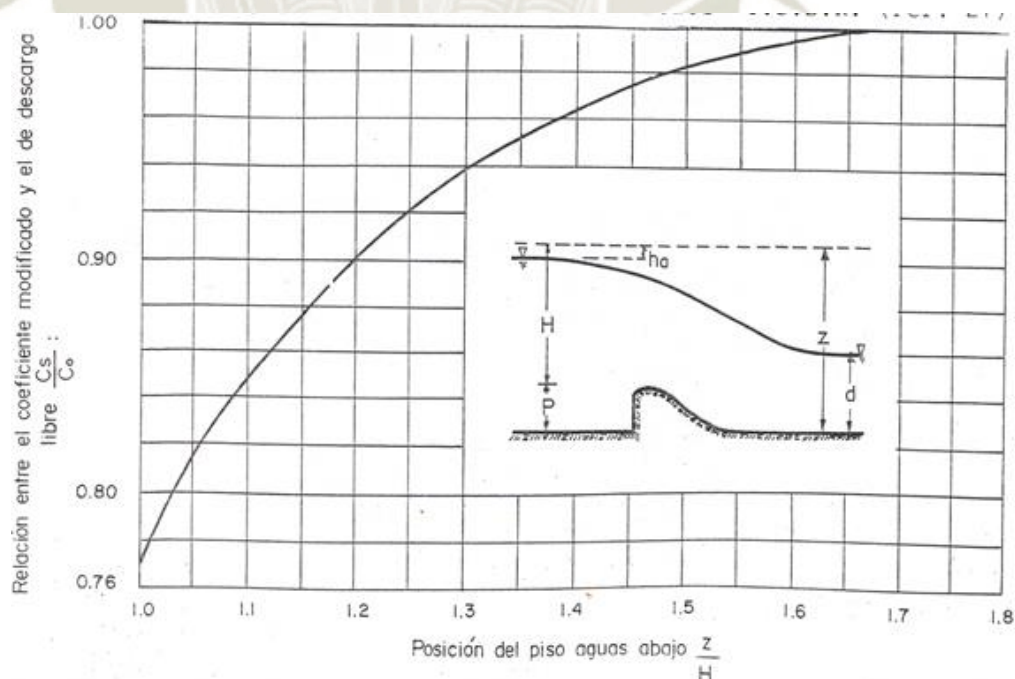


Figura 5-6. Efecto del nivel del piso aguas abajo.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

La posición del piso aguas abajo varía desde 1 con un coeficiente de descarga igual a 0.77, igual al 77% del valor para descarga libre, hasta 1.68. No obstante, al superar este valor, el nivel del piso aguas abajo tiene poco efecto en el coeficiente de descarga, pero hay un decremento en el coeficiente por efecto de ahogamiento.

La Figura 5-7 muestra la relación entre el coeficiente de descarga modificado por efecto de ahogamiento aguas abajo y el coeficiente de descarga libre, en el que la reducción del coeficiente es producto de una combinación de los efectos del nivel aguas abajo y de la posición del piso.

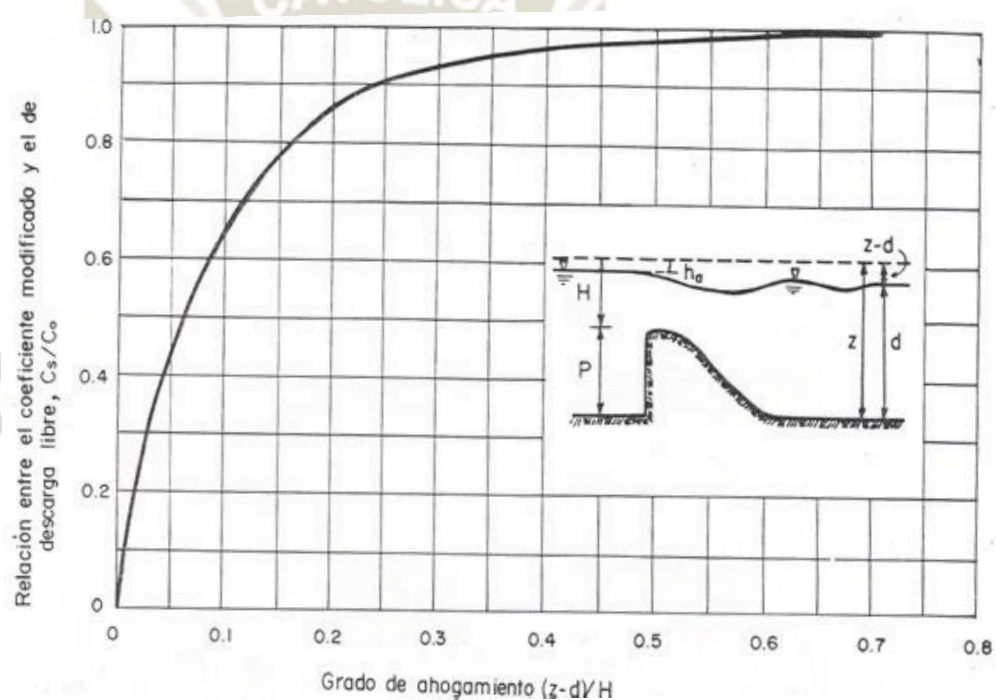


Figura 5-7. Efecto del nivel de la superficie libre aguas abajo.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

### 5.1.3. Longitud efectiva de la cresta.

Debido a la necesidad de limitar el flujo de agua y/o controlar la descarga con compuertas es inevitable construir estribos (muros laterales verticales) y pilas intermedias, que producen contracciones en el flujo y a su vez, disminuyen la magnitud de la longitud real de la cresta.

La longitud resultante al considerar dichos efectos se conoce como longitud efectiva:

$$Le = L - 2(Ka + N Kp) H \quad (5-5)$$

donde:

$Le$  = longitud efectiva de cresta en  $m$ ,

$L$  = longitud total de cresta en  $m$ ,

$Ka$  = coeficiente de contracción por efecto de estribos,

$Kp$  = coeficiente de contracción por efecto de pilas,

$N$  = número de pilas colocadas sobre el cimacio,

$H$  = carga total de operación en  $m$ .

El coeficiente de contracción por estribos ha sido obtenido experimentalmente en la Figura 5-8 y 5-9 y está en función de la forma del estribo, el ángulo que forma el muro de acceso con la dirección del flujo, la relación entre carga de operación y carga de diseño y la magnitud de la velocidad de llegada.

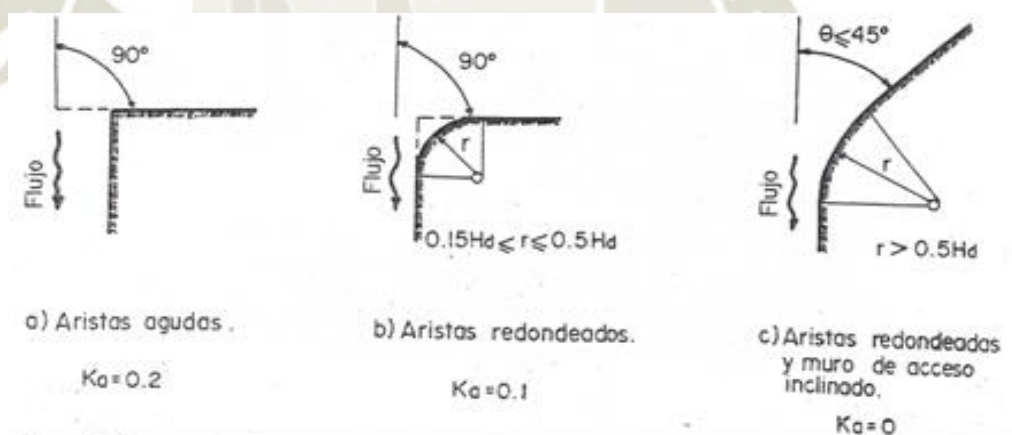


Figura 5-8. Coeficiente de contracción por estribos.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

Además, en la Figura 5-9 se puede relacionar la carga de operación con el radio del estribo para secciones adyacentes de concreto y, con la carga de diseño si las secciones adyacentes son de enrocamiento.

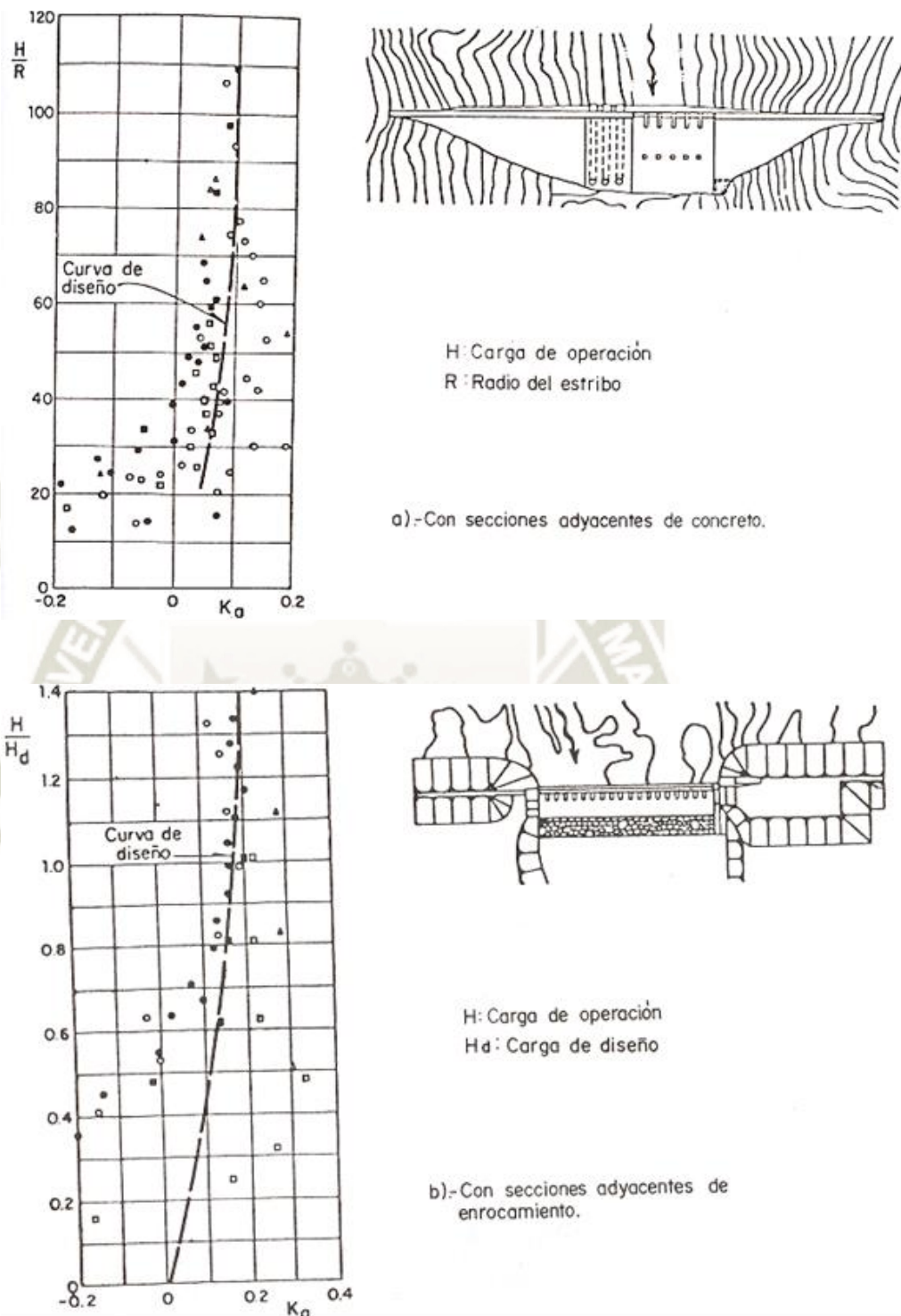


Figura 5-9. Coeficiente de contracción por estribos con secciones adyacentes de concreto o enrocamiento.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

El coeficiente de contracción por pilas varía con la forma, espesor y posición del tajamar, la carga de operación respecto a la de diseño, el tirante del flujo de llegada y cuando hay compuertas. Según Creager, cuando una compuerta está abierta y las adyacentes cerradas, el coeficiente de contracción aumenta alrededor de 2.5 veces.

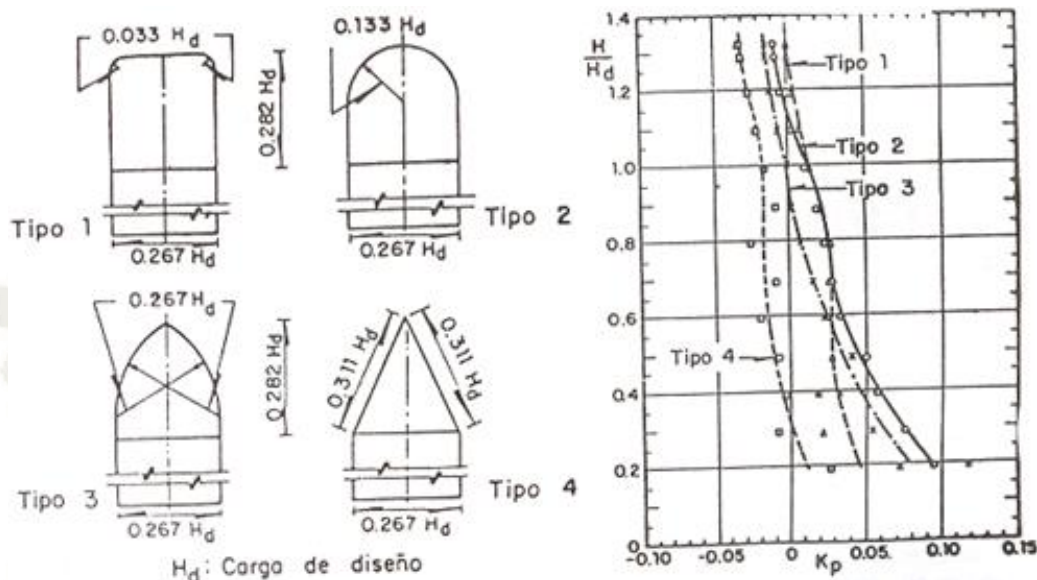


Figura 5-10. Coeficiente de contracción por pilas de formas varias.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

Pese a que la pila Tipo 4 es la mejor desde el punto de vista de la contracción, provoca presiones negativas, por ello se recomiendan los Tipos 2 y 3.

Para el caso de la pila Tipo 2, en la Figura 5-11 se muestra el efecto que tienen prolongar al tajamar hacia aguas arriba.

Cuando disminuye la profundidad del canal de acceso empieza a tener efecto la velocidad de llegada y la Figura 5-12 muestra los resultados para este caso.

En ausencia de datos, para velocidades de llegada apreciable en pilas de otra forma, pueden usarse los coeficientes de la Figura 5-10.

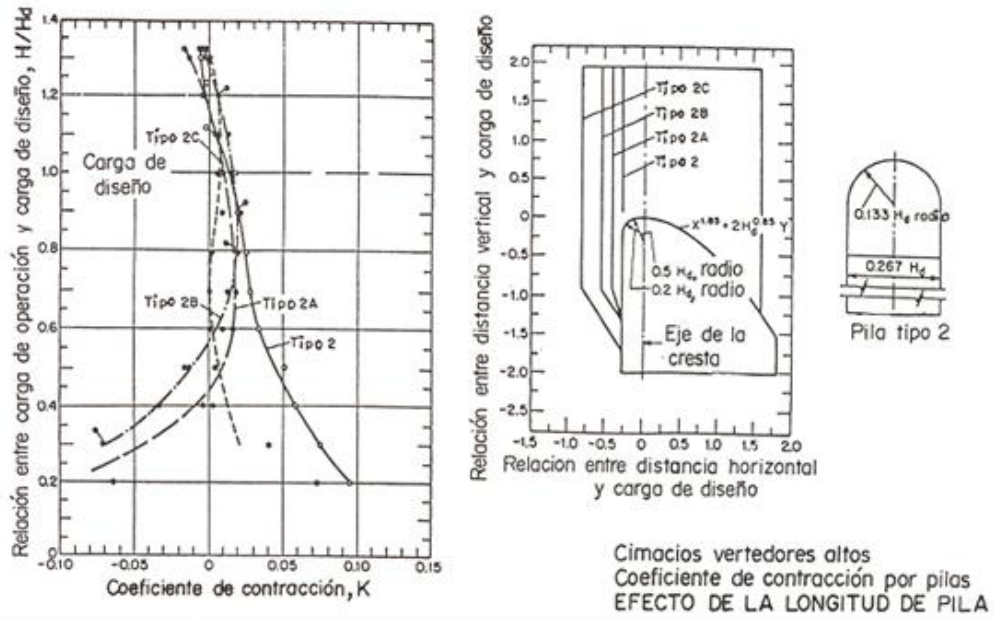


Figura 5-11. Coeficiente de contracción por pilas Tipo 2, tajamar prolongado hacia aguas arriba.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

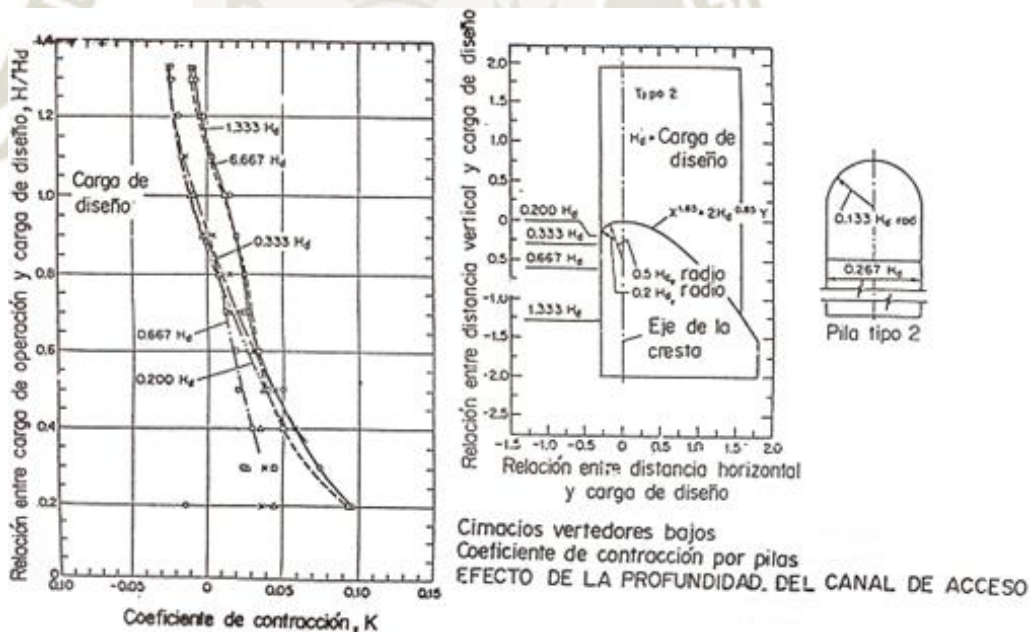


Figura 5-12. Coeficiente de contracción por pilas tipo 2 considerando el efecto de la profundidad del canal de acceso.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

#### 5.1.4. Perfil del vertedero.

Despreciando el grado de inclinación del talud aguas arriba del vertedero y la magnitud de la profundidad del canal de acceso, se tiene una ecuación general para el perfil de la zona del cuadrante aguas abajo:

$$\frac{y}{H_d} = k \left( \frac{x}{H_d} \right)^n \quad (5-6)$$

$$x^n = \frac{H_d^{n-1}}{k} y \quad (5-7)$$

donde:

- $x$  = coordenadas en un sistema cartesiano en el eje de las abscisas en  $m$ ,
- $y$  = coordenadas en un sistema cartesiano en el eje de las ordenadas en  $m$ ,
- $H_d$  = carga de diseño en  $m$ ,
- $N$  = coeficiente experimental,
- $k$  = coeficiente experimental.

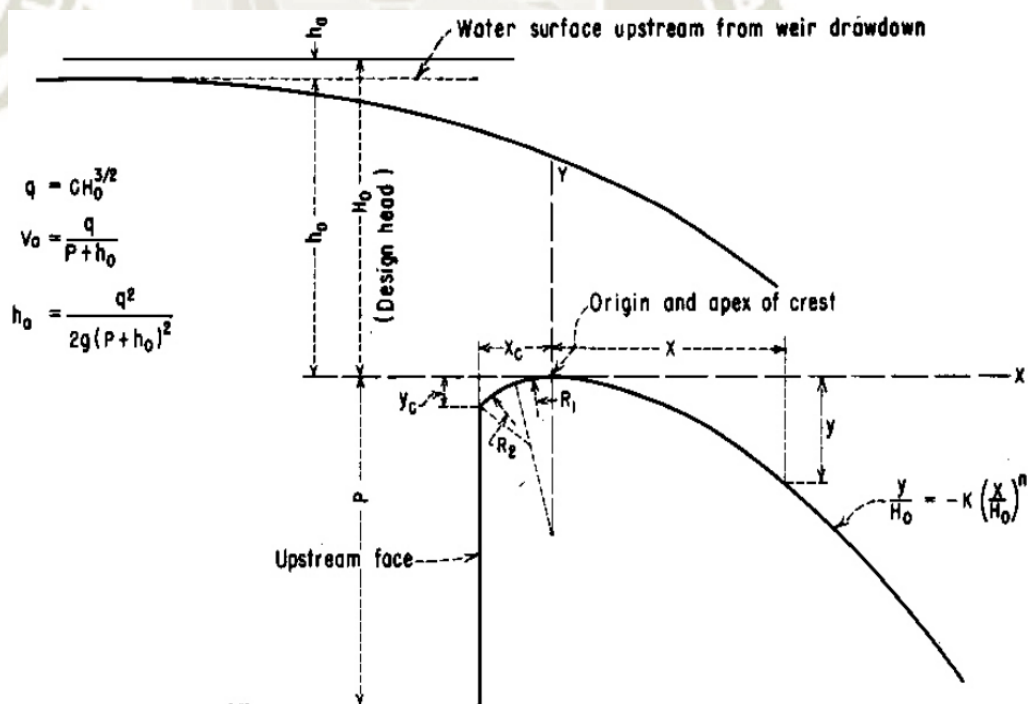


Figura 5-13. Elementos de los perfiles de un vertedero de cimacio.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

Los coeficientes experimentales  $n$  y  $k$  dependen del talud del parámetro aguas arriba y de la profundidad del canal de acceso y se muestran en la Figura 5-14.

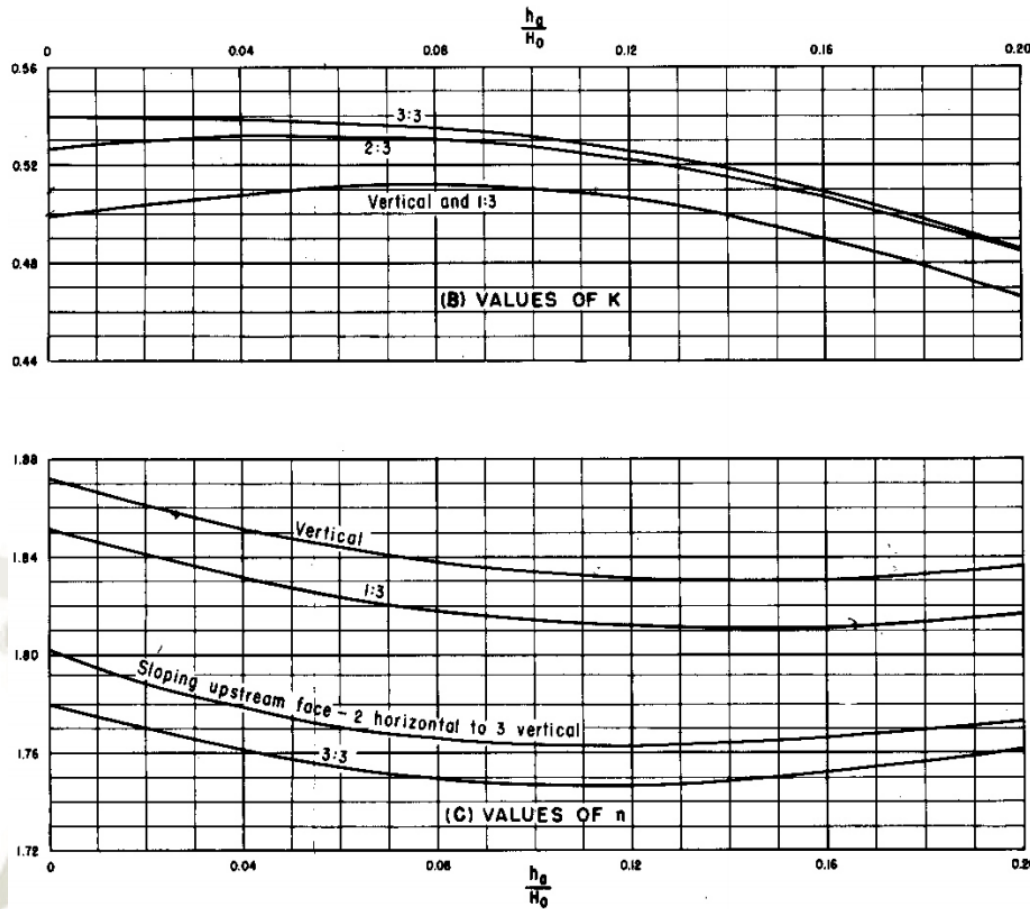


Figura 5-14. Valores de los coeficientes experimentales K y n.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

Asimismo, en el caso de vertederos de cimacios altos, la carga de velocidad de es despreciable.

$$\frac{h_a}{H_d} = 0$$

Mientras que el perfil en la zona del cuadrante aguas arriba se asemeja a dos arcos de círculo tangentes, cuya geometría y radios se puede obtener mediante la Figura 5-15.

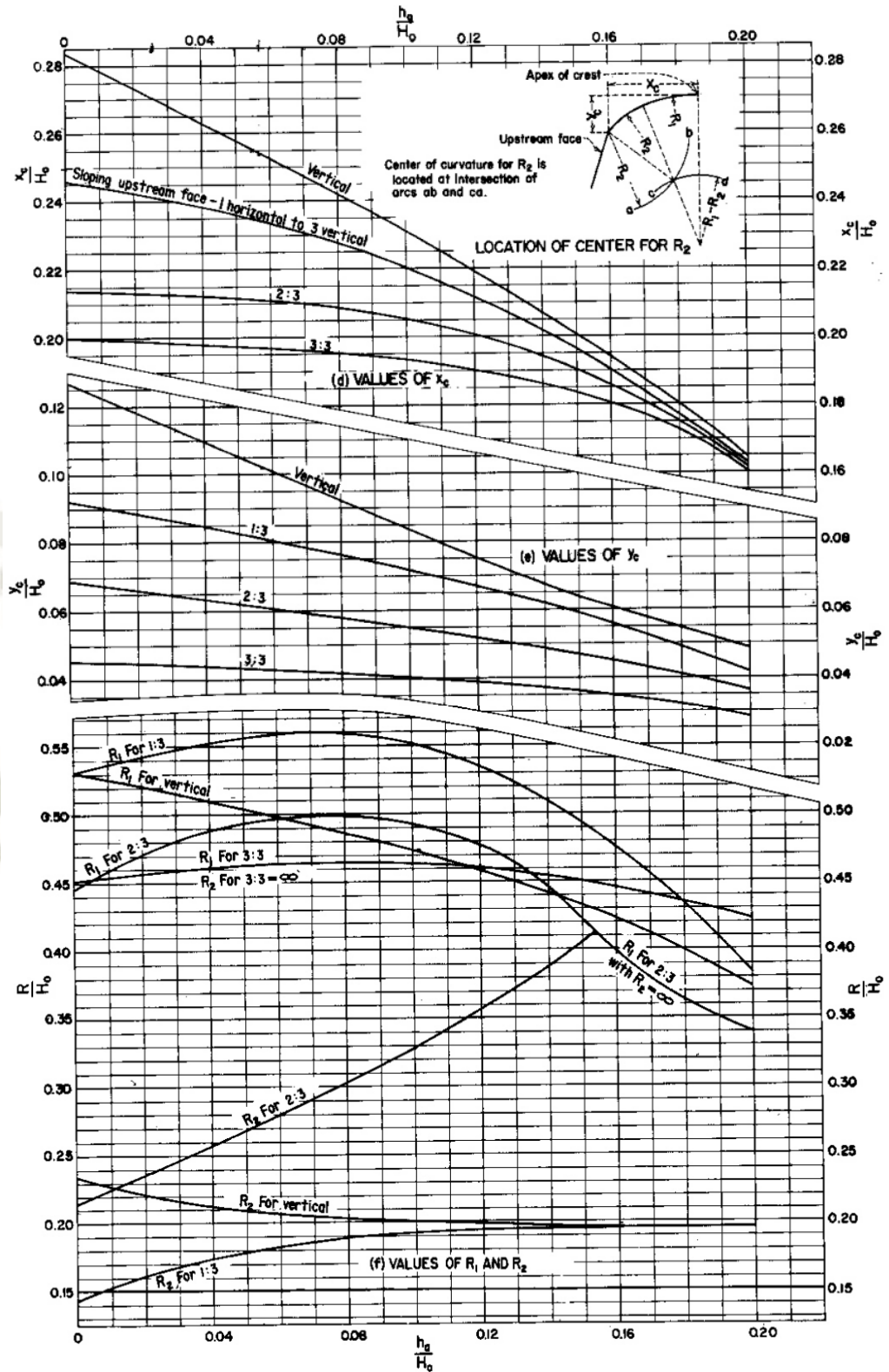


Figura 5-15. Valores para el diseño del perfil del cimacio aguas arriba.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

A partir del punto de tangencia  $P.T.$  se abandona la forma del perfil en la zona del cuadrante aguas abajo, para luego continuar el mismo con una recta tangente con una inclinación de talud  $a: 1$ .

Dicho punto de tangencia  $P.T.$  se obtiene al igualar la derivada de la ecuación del perfil del vertedero con la tangente  $1/a$  del ángulo de inclinación de la recta y la horizontal:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Kn}{H_d^{n-1}} x_t^{n-1} \qquad \frac{dy}{dx} = \frac{1}{a}$$

$$\frac{Kn}{H_d^{n-1}} x_t^{n-1} = \frac{1}{a} \qquad (5-8)$$

de donde:

$$x_t = \frac{H_d}{(Kan)^{1/n-1}} \qquad (5-9)$$

Por lo tanto, la ordenada  $y_t$  se obtiene sustituyendo  $x_t$  en la Ecuación 5-8 del perfil.

### 5.1.5. Perfil simplificado en base a tablas.

Según la Autoridad Nacional del Agua (2010), para una referencia o como primera aproximación, se puede calcular el perfil Creager de un vertedero en base a tablas.

En la Tabla 5-1 se presentan los valores de las coordenadas del perfil Creager calculadas por Ofizeroff para una carga total de operación igual a  $1 m$ . Sin embargo, si esta última, es diferente a dicha magnitud, tanto las abscisas como las ordenadas deben ser multiplicadas por  $H$ .

Además, el valor del coeficiente de descarga  $C = 2.21$ , es válido para cuando el parámetro aguas arriba es vertical y la carga de operación es igual a la carga de diseño. Sin embargo, en el caso que el parámetro aguas arriba es vertical, pero la carga de operación es diferente a la de diseño, el coeficiente de descarga debe ser corregido, por lo tanto, Ofizeroff propuso valores de corrección en la Tabla 5-2.

$x$	Ordenada inferior de la lámina	Ordenada del perfil del vertedero	Ordenada superior de la lámina
0.0	0.126	0.126	-0.831
0.1	0.036	0.036	-0.803
0.2	0.007	0.007	-0.772
0.3	0.000	0.000	-0.740
0.4	0.007	0.006	-0.702
0.5	0.027	0.025	-0.655
0.6	0.063	0.060	-0.620
0.7	0.103	0.098	-0.560
0.8	0.153	0.147	-0.511
0.9	0.206	0.198	-0.450
1.0	0.267	0.256	-0.380
1.1	0.355	0.322	-0.290
1.2	0.410	0.393	-0.219
1.3	0.497	0.477	-0.100
1.4	0.591	0.565	-0.030
1.5	0.693	0.662	0.090
1.6	0.800	0.764	0.200
1.7	0.918	0.873	0.305
1.8	1.041	0.987	0.405
1.9	1.172	1.108	0.540
2.0	1.310	1.235	0.693
2.1	1.456	1.369	0.793
2.2	1.609	1.508	0.975
2.3	1.769	1.654	1.140
2.4	1.936	1.804	1.310
2.5	2.111	1.960	1.500
2.6	2.293	2.122	1.686
2.7	2.482	2.289	1.880
2.8	2.679	2.463	2.120
2.9	2.883	2.640	2.390

$x$	Ordenada inferior de la lámina	Ordenada del perfil del vertedero	Ordenada superior de la lámina
3.0	3.094	2.824	2.500
3.1	3.313	3.013	2.700
3.2	3.539	3.207	2.920
3.3	3.772	3.405	3.160
3.4	4.013	3.609	3.400
3.5	4.261	3.818	3.650
3.6	4.516	4.031	3.880
3.7	4.779	4.249	4.150
3.8	5.049	4.471	4.400
3.9	5.326	4.699	4.650
4.0	5.610	4.930	5.000

Tabla 5-1. Coordenadas del vertedero para una carga de operación de 1 m.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2010.

$H/H_d$	Corrección
0.2	0.842
0.4	0.842
0.6	0.940
0.8	0.973
1.0	1.000
1.2	1.024
1.4	1.045
1.6	1.064
1.8	1.082
2.0	1.099

Tabla 5-2. Factores de corrección para el coeficiente de descarga.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2010.

## 5.2. Presiones sobre la superficie del vertedero

### 5.2.1. Según la US Bureau of Reclamation.

En teoría no deberán desarrollarse presiones sobre un vertedero de perfil Creager operando con la carga seleccionada para el diseño de su perfil. Sin embargo, en la práctica se desarrollan presiones minúsculas, las cuales son inversamente proporcionales a la carga de operación del con la que funcione el vertedero.

En otras palabras, las presiones aumentan cuando el cimacio funciona con cargas menores que la de diseño, y disminuyen hasta valores negativos cuando lo hace con cargas mayores.

Además, la curva superior de la cresta o coronación puede construirse más abierta o más cerrada que el perfil de diseño. En el caso que sea más abierta deberá aguantar parte del peso del flujo y se producirán presiones positivas en la superficie de contacto, por lo que, la parte soportada creará una curva de remanso que reducirá la eficacia del desagüe.

Caso contrario, cuando el perfil es más agudo que la lámina, el flujo tiende a despegarse de la cresta produciéndose presiones negativas en la superficie de contacto; las cuales incrementan la carga de agua efectiva y por lo tanto el caudal desaguado aumenta.

Por otra parte, cabe resaltar que cuando el vertedero tiene un perfil distinto al de diseño, o cuando se ha dimensionado la coronación para una carga de agua diferente a la de estudio, el coeficiente de desagüe varía. La Figura 5-16 muestra la variación del coeficiente en función de  $H_e/H_o$ , donde  $H_e$  es la carga de operación y  $H_o$  la de diseño.

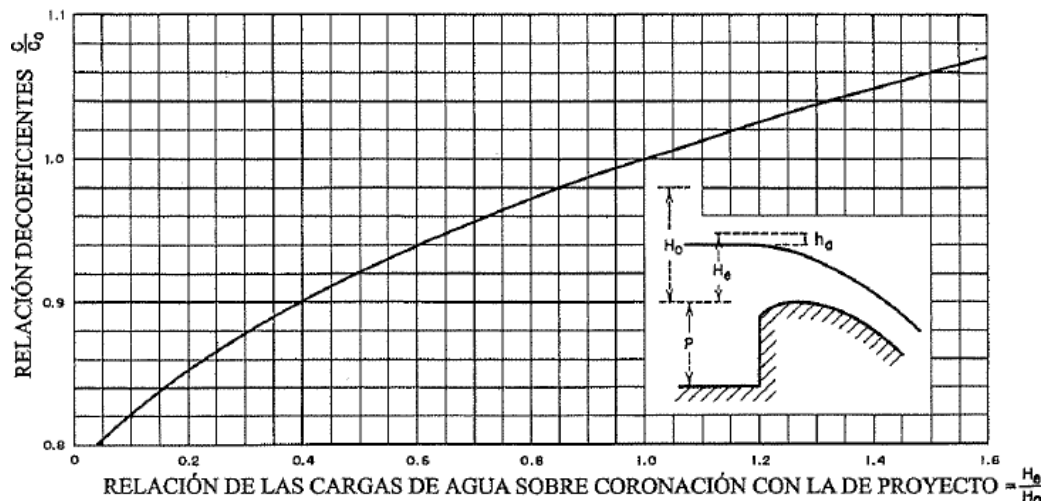


Figura 5-16. Coeficiente de desagüe para cargas distintas a la de diseño.

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

Desde otra perspectiva, el diseño de un vertedero usualmente se construye para una carga menor que la máxima estimada, lo cual reduce su costo y permite el vertimiento de caudales mayores con una carga de agua menor.

Las presiones negativas que se producirían en la superficie superior del perfil del vertedero no sobrepasan la mitad de la carga de diseño, siempre y cuando esta altura no sea menor que el 75% que la máxima.

En el caso de proyectos pequeños, las subpresiones mencionadas pueden tolerarse debido a que no se acercan al límite en el que producen cavitación. No obstante, se deben evitar imprecisiones al construir la superficie de coronación, ya que pequeñas anomalías pueden aumentar la magnitud de estas presiones negativas hasta dar lugar a cavitación.

En la Figura 5-17 se representa un diagrama de fuerzas aproximado de este fenómeno para el caso en que la carga de diseño sea el 75% de la carga máxima de operación considerando además que la velocidad de aproximación es despreciable y el perfil del vertedero perfecto.

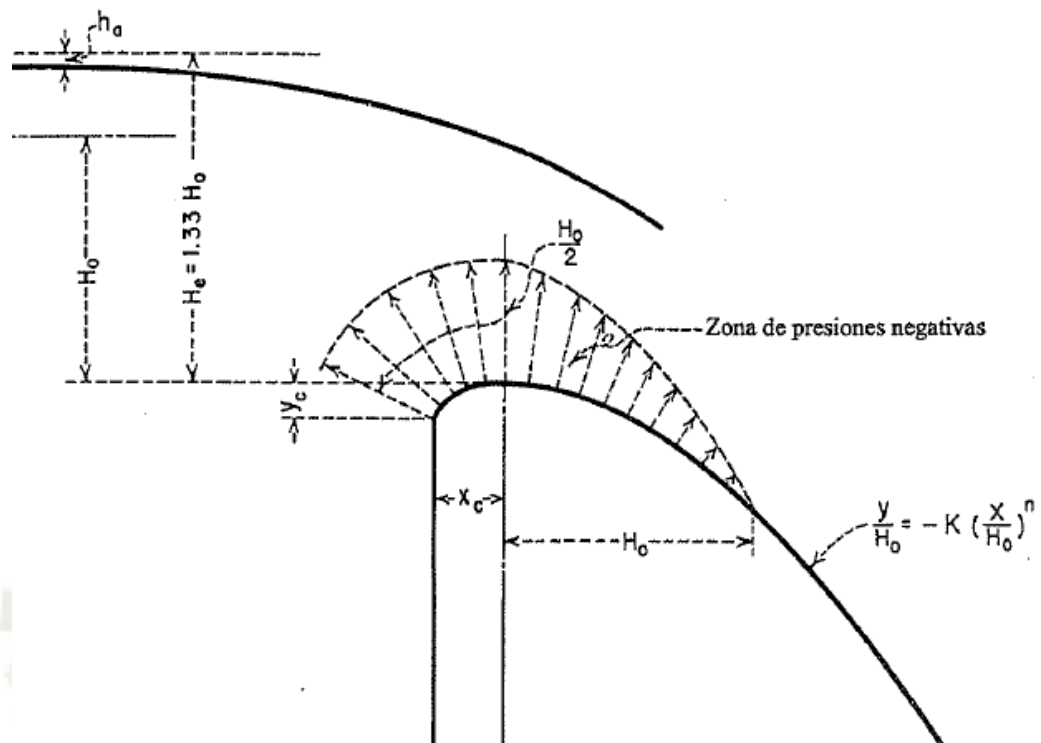


Figura 5-17. Presiones negativas en la cresta del vertedero para  $H_o/H_e = 0.75$ .

Fuente: Bureau Reclamation, 1987.

Para valores intermedios entre el 75% y el 100% se puede suponer que las presiones varían linealmente, considerando que cuando  $H_o/H_e = 1$  no existen presiones negativas.

### 5.2.2. Según la Estación Experimental de Canales (WES).

Los vertederos utilizados en su investigación fueron construidos con láminas metálicas para cumplir con las formas requeridas para la carga de diseño de  $0.80 \text{ ft}$ . Se instalaron piezómetros simples a lo largo de la superficie de la cresta para medir las presiones que actúan sobre la misma como se aprecia en la Figura 5-18.

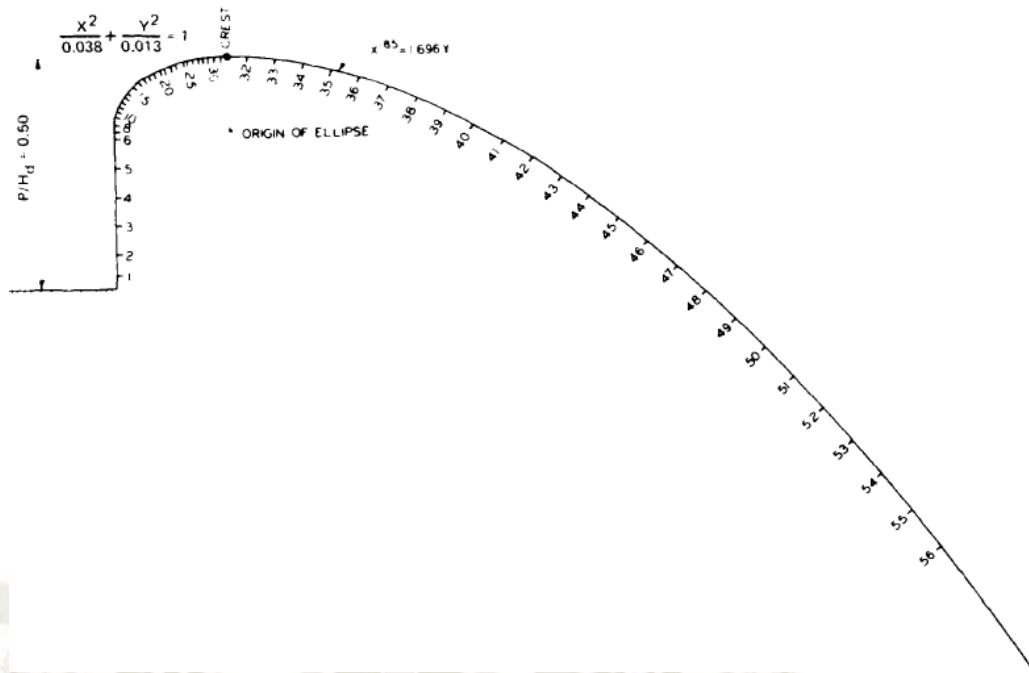


Figura 5-18. Localización de los piezómetros para  $P/H_d = 0.50$  y  $H_d = 0.80$  ft.

Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1985.

Las pruebas se realizaron con cargas de operación que dieron como resultado valores de  $H_e/H_d$  entre 0.4 y 1.5. Cada prueba comenzó con la determinación del coeficiente de descarga  $C$ , para luego, medir las presiones a lo largo de la superficie de la cresta y los perfiles de la superficie del agua.

Se presentan gráficas de la variación de presiones en la superficie de un vertedero de perfil Creager para valores de  $H/H_d$  igual a 0.50, 1.00, 1.17, 1.33 y 1.50.

Los datos se graficaron mediante factores adimensionales: la presión dividida entre la carga de diseño ( $H_p/H_d$ ) y la distancia horizontal dividida entre la carga de diseño ( $x/H_d$ ). Asimismo, las presiones para las proporciones de carga intermedias se pueden obtener a través de una interpolación.

Se recomienda definir la carga de diseño  $h_d$  para que la presión sobre la cresta no sea inferior a  $-20$  ft de agua para garantizar un funcionamiento sin cavitación.

Las presiones a lo largo de la superficie de los vertederos no controlados se midieron para los siguientes  $P/H_d$  y se muestran en la Tabla 5-3.

$P/H_d$	Figura N°
0.25	Figura 5-19
0.50	Figura 5-20
1.00	Figura 5-21
3.40	Figura 5-22

Tabla 5-3. Ubicación de las gráficas de acuerdo a la relación  $P/H_d$ .

Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1985.

Para  $P/H_d = 0.25$ , las presiones solo se midieron para  $H_e/H_d = 0.50$  y  $1.0$ .

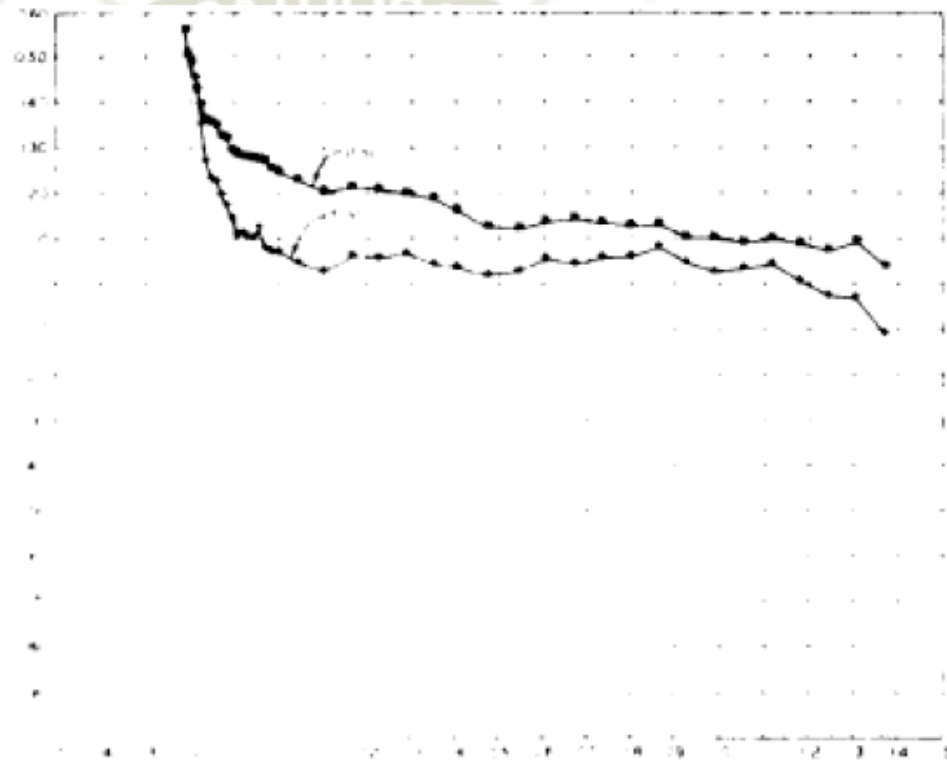


Figura 5-19. Presiones en la cresta del vertedero para  $P/H_d$  igual a 0.25.

Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1985.

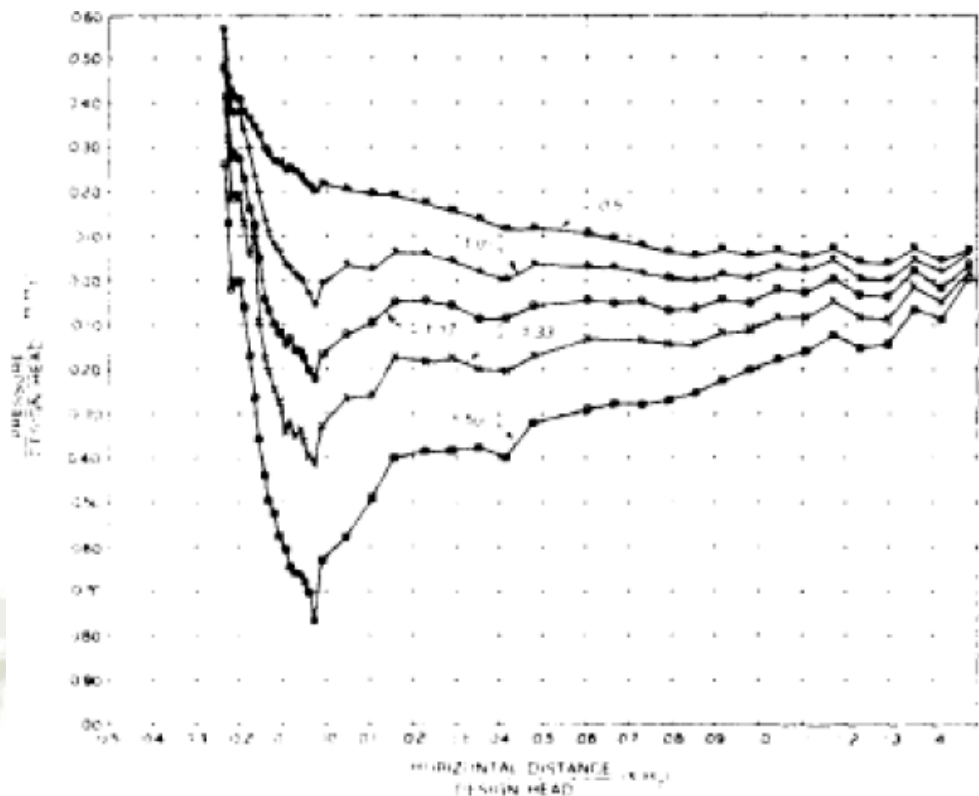


Figura 5-20. Presiones en la cresta del vertedero para  $P/H_d$  igual a 0.50.

Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1985.

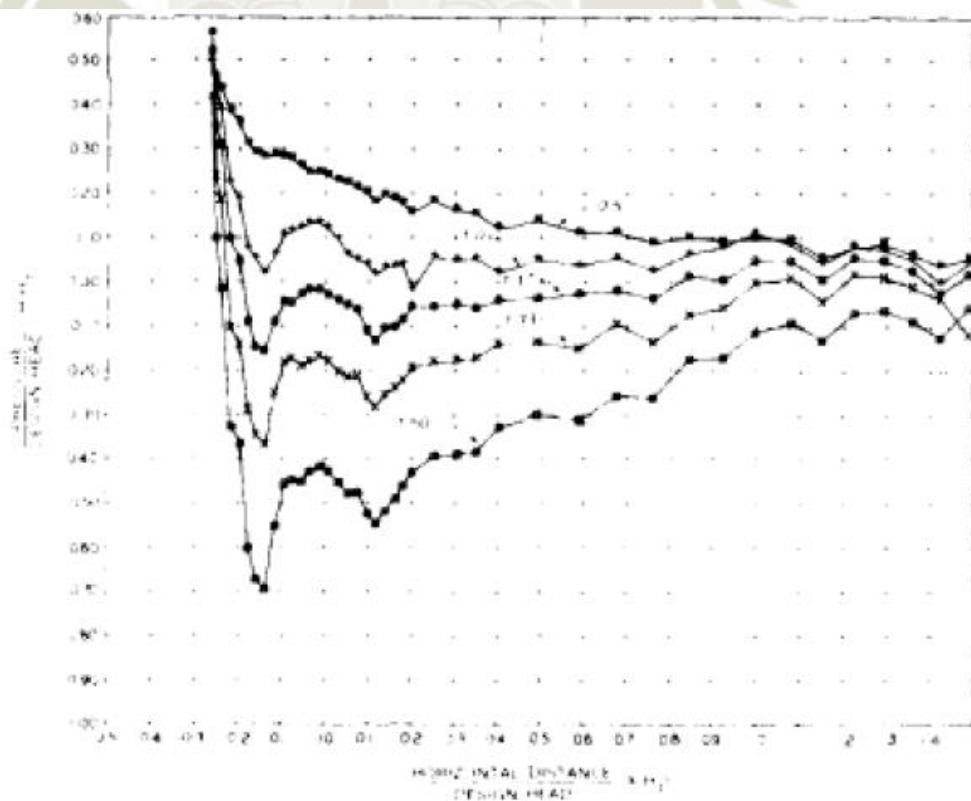


Figura 5-21. Presiones en la cresta del vertedero para  $P/H_d$  igual a 1.00.

Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1985.

En la Figura 5-22, se muestran las presiones obtenidas por Melsheimer y Murphy (1970) para una cresta con  $P/H_d$  de 3.4.

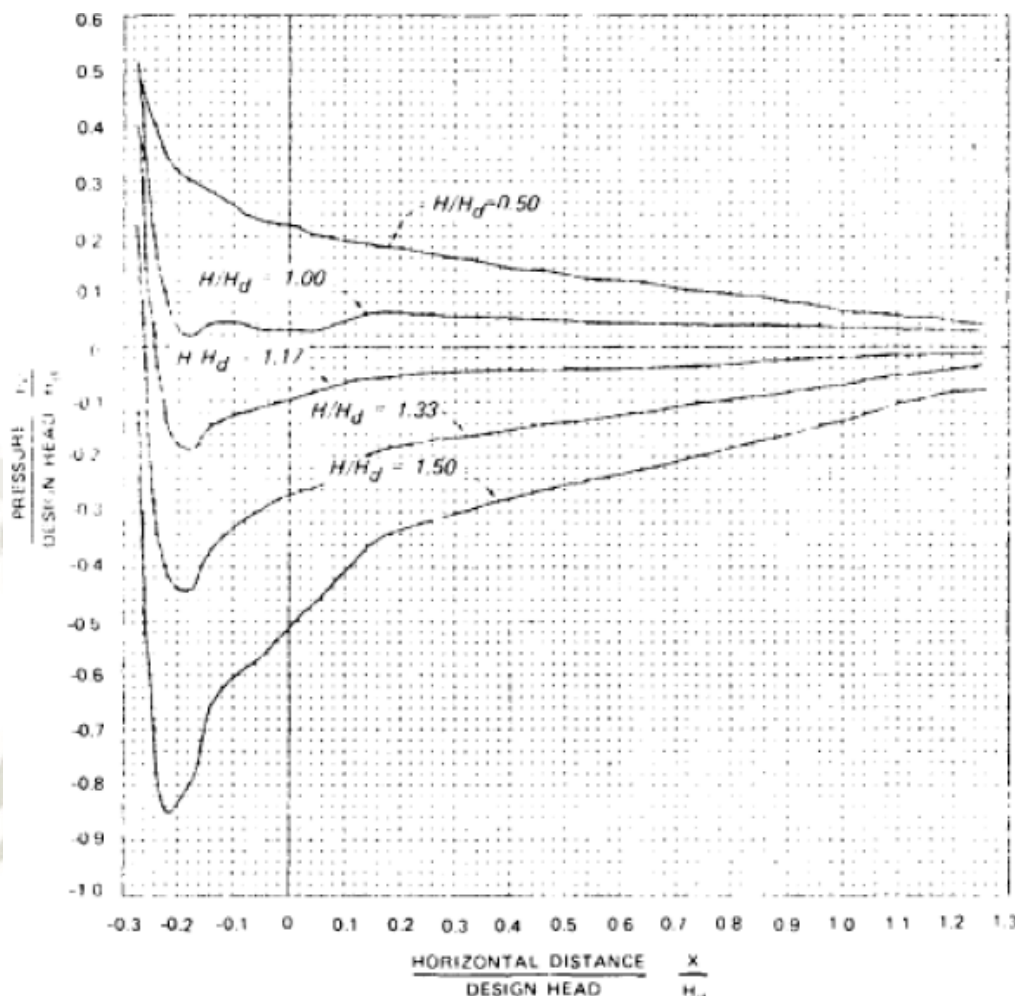


Figura 5-22. Presiones en la cresta del vertedero para  $P/H_d$  igual a 3.40.

Fuente: Melsheimer y Murphy, 1970.

Las superficies de plástico fueron utilizadas por Melsheimer y Murphy (1970) en sus pruebas y se consideraron el mejor método para reproducir la verdadera forma de la cresta. La posibilidad de una forma imperfecta existía incluso con las crestas de plástico mecanizadas porque era necesario pulirlas a máquina con una cepilladora para suavizar los cortes individuales. Asimismo, su uso dio como resultado costos superiores a los fondos disponibles.

Por otra parte, las superficies de lámina de metal son más fáciles de construir y dan una buena representación de la forma del cimacio, pero, el problema es que la lámina de metal puede no doblarse en un arco verdadero sino en una serie de pequeñas rectas que pueden conducir a una variación local de las presiones.

Para valores de  $P/H_d$  desde 0.50 hasta 3.4, la presión negativa máxima para cada valor de  $H_e/H_d$  no varía con  $P/H_d$ . La presión negativa máxima en función de  $H_e/H_d$  se muestra en la Figura 5-22 para valores de  $P/H_d$  superiores a 0.50. La carga de diseño del vertedero  $H_d$  se selecciona de modo que la presión mínima para la carga máxima esperada no sea inferior a  $-15$  a  $-20$  ft de agua para garantizar un funcionamiento sin cavitación.

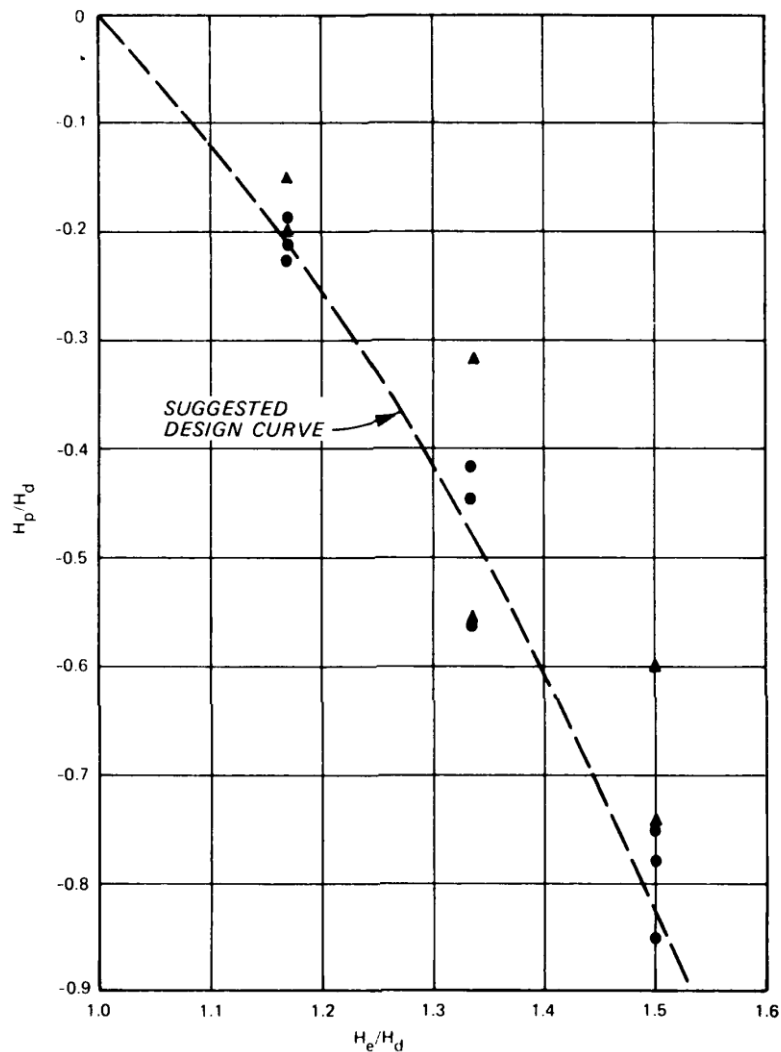


Figura 5-23. Máxima presión negativa vs  $H_e/H_d$  para  $P/H_d > 0.50$ .

Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1985.

En resumen, las presiones sobre la superficie del vertedero son cercanas a la atmosférica en  $H_e/H_d = 1.0$ , lo que confirma la forma propuesta por Murphy (1973). Además, las presiones se vuelven negativas cuando las cargas son más grandes que la de diseño en un punto de la cresta ubicado aguas arriba del eje de la cresta.

### 5.2.3. Autores varios.

En un canal de 2.4 ft de ancho, instaló un vertedero, el cual fue diseñado para una carga de 1.0 ft y fue fabricado, en su mayor parte, de láminas metálicas, montado en un marco de acero fijado en concreto. Puesto que una sección de la coronación que contiene los piezómetros se mecanizó con precisión en plástico para asegurar la exactitud de la forma del perfil y se tuvo mucho cuidado en colocar los piezómetros en ángulos rectos con respecto a la superficie del vertedero.

Además, instalaron dos filas de piezómetros en la cresta del vertedero con aproximadamente 45 piezómetros cada fila, de los cuales aproximadamente 25 estaban en el cuadrante aguas arriba.

Asimismo, las presiones mínimas en el cuadrante aguas arriba del vertedero, para cargas iguales o mayores a la carga de diseño, se tabulan en la Tabla 5-4.

<i>Crest type</i>	$H/H_d$ = 1.00	$H/H_d$ = 1.17	$H/H_d$ = 1.33	$H/H_d$ = 1.50
1	0.00	-0.24	-0.54	-1.11
2	0.02	-0.19	-0.44	-0.85
3	0.00	-0.23	-0.53	-1.00
4	0.00	-0.20	-0.43	-0.78

Tabla 5-4. Relación de presiones mínimas ( $h_p$ ) en el cuadrante de aguas arriba a la carga de diseño ( $h_d$ )

Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1970.

Las variaciones significativas en las presiones mínimas sobre la cresta con variaciones indetectables en los coeficientes de descarga pueden parecer poco razonables. Sin embargo, para los tipos de crestas mencionados, las presiones en la línea central fueron prácticamente las mismas para descargas iguales. Las variaciones en las presiones mínimas ocurrieron en las depreciaciones de los gradientes de presión en el cuadrante aguas arriba del vertedero y, por lo tanto, aparentemente no tuvieron efecto en los coeficientes de descarga.

- **Tipo 1.**

En la Figura 5-24, la forma del cuadrante aguas arriba es una curva compuesta formada por dos radios,  $0.2 H_d$  y  $0.5 H_d$ , con la curva del radio de  $0.2 H_d$  que se interseca, pero no es tangente a la cara aguas arriba del aliviadero y la curva de radio de  $0.5 H_d$  que tiene una pendiente cero en la cresta. Esta alineación se estableció en la carta circular No. 3281, el 2 de septiembre de 1944, por la Oficina, Jefe de Ingenieros.

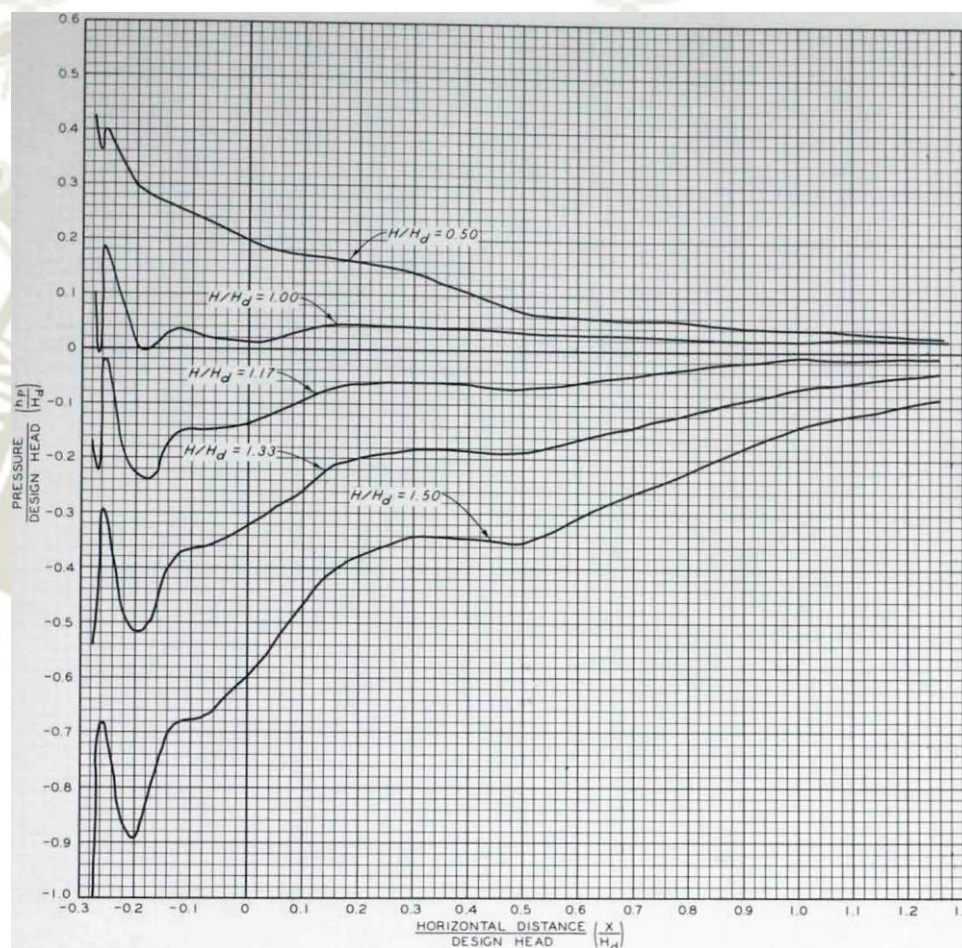


Figura 5-24. Presiones en la cresta del vertedero Tipo 1.

Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1970.

- **Tipo 2.**

En la Figura 5-25, la forma del cuadrante aguas arriba es una curva elíptica:

$$\frac{x^2}{(0.280 H_d)^2} + \frac{y^2}{(0.167 H_d)^2} = 1 \quad (5-10)$$

La U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station ajustó una curva elíptica, tangente a la cara aguas arriba del vertedero y con una pendiente cero en la cresta, para reducir los datos del perfil que figura en el informe de la Bureau of Reclamation en el Boulder Canyon Project, Parte IV - Hydraulic Investigation, Bulletin 3, "Studies of Crests for Overfall Dams," 1948.

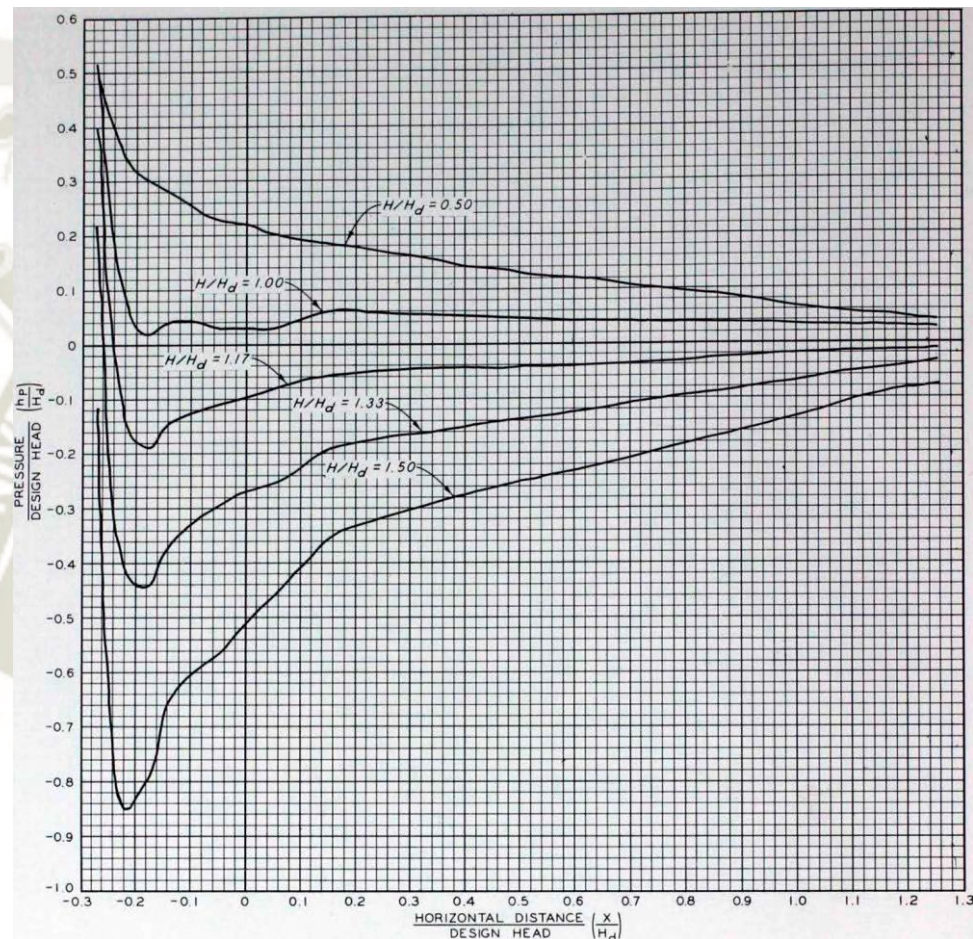


Figura 5-25. Presiones en la cresta del vertedero Tipo 2.

Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1970.

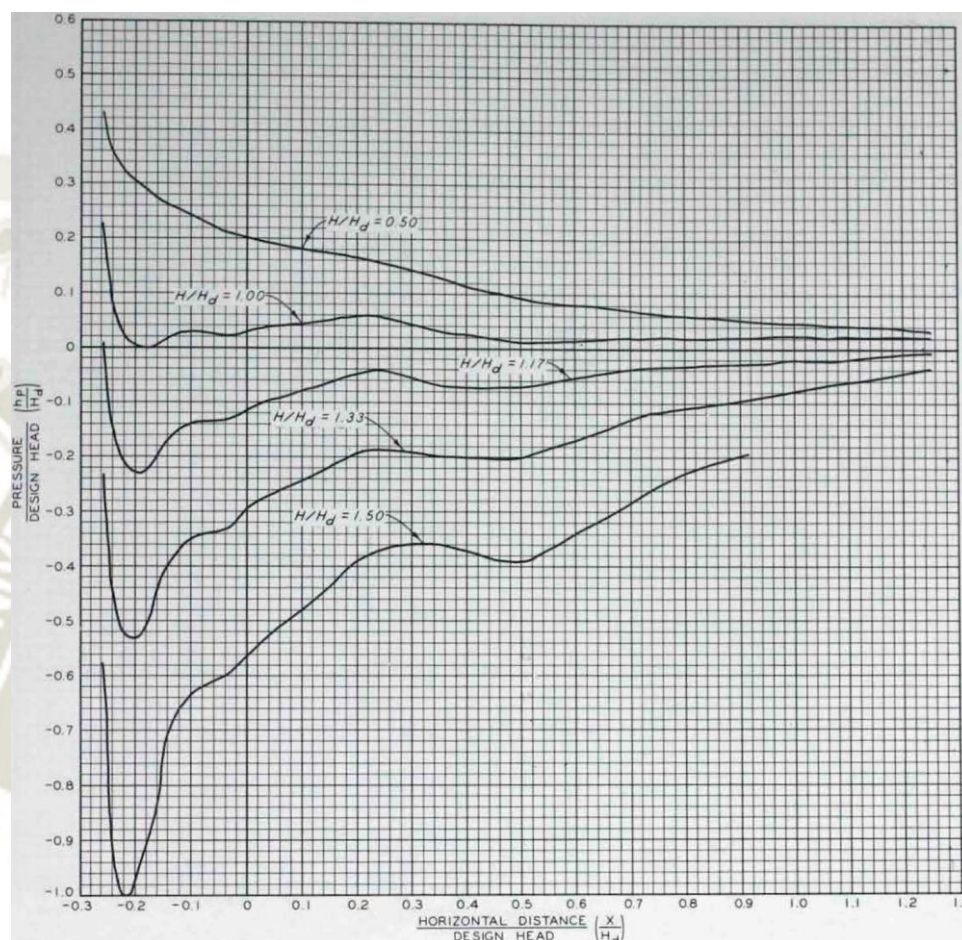
- **Tipo 3.**

En la Figura 5-26, la forma del cuadrante aguas arriba corresponde a:

$$\frac{y_w}{h_w} = 0.413 \left( \frac{x_w}{h_w} \right)^{0.625} - 0.801 \left( \frac{x_w}{h_w} \right)^{1.85} \quad (5-11)$$

Similar al tipo 2, esta curva también es tangente a la cara del vertedero y tiene una pendiente cero en la cresta. Las coordenadas computadas por

McNown, Hsu y Yih que emplean técnicas de relajación para determinar la trayectoria del flujo en el desarrollo del primer término. Por otra parte, el segundo término explica el efecto de la gravedad a medida que el flujo se acerca a la cresta.



*Figura 5-26. Presiones en la cresta del vertedero Tipo 3.*

*Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1970.*

- **Tipo 4.**

En la Figura 5-27, la forma del cuadrante aguas arriba es una curva compuesta formada por tres radios,  $0.2 H_d$  y  $0.5 H_d$  (igual que en el tipo 1) más  $0.04 H_d$ , con el último radio haciendo que la curva sea tangente a la cara aguas arriba del vertedero. Esta forma es recomendada por el Sr. F. M. Manzanares Abecasis en " Spillways, Some Special Problems," Memorandum No. 175 of the National Laboratory of Civil Engineering, Lisbon, Portugal, 1961.

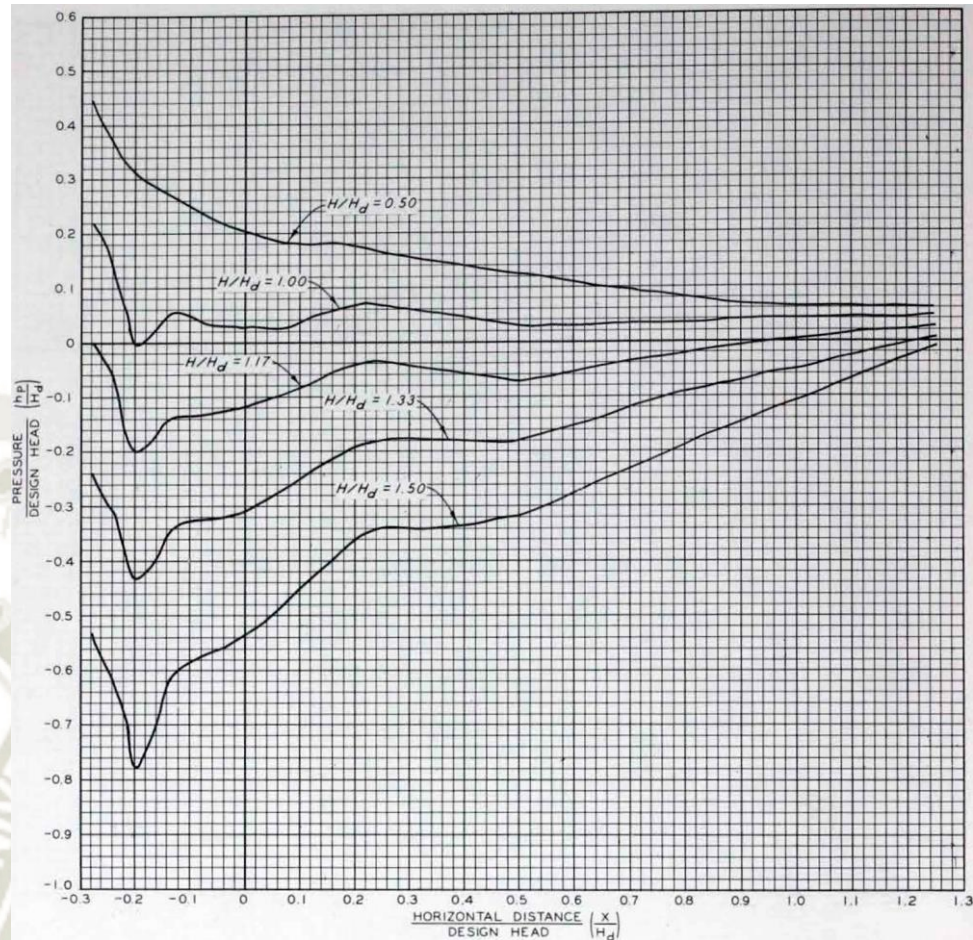


Figura 5-27. Presiones en la cresta del vertedero Tipo 4.

Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1970.

Asimismo, Abecasis realizó pruebas en un tanque de vacío y estableció una curva para la cavitación en una gráfica con  $H_d$  como ordenada y  $H/H_d$  como abscisa. La curva de cavitación de Abecasis sigue de cerca la curva para una presión mínima de - 25 pies.

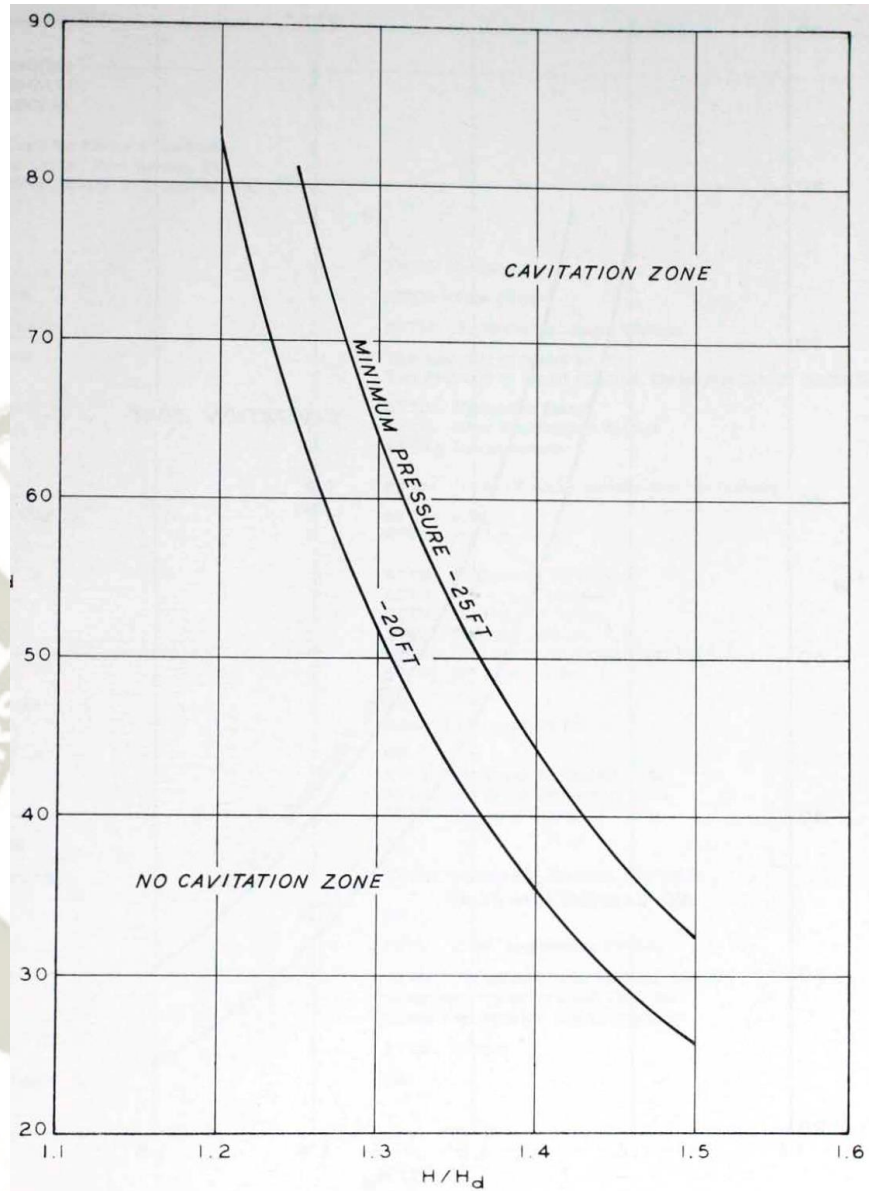


Figura 5-28. Predicción de las presiones mínimas del vertedero Tipo 4.  
Fuente: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1970.

## CAPÍTULO 6. Diseño teórico

### 6.1. Introducción

El diseño teórico involucra dos partes fundamentales: obtener las coordenadas de los perfiles de diseño y calcular el campo de presiones en la superficie del vertedero para cargas diferentes a la de diseño.

Para la primera parte se escogió el diseño teórico recomendado de los perfiles del Bureau of Reclamation, debido a que su estudio incluye los factores secundarios que influyen en el comportamiento del flujo de agua como la velocidad de llegada, la inclinación del parámetro aguas arriba del vertedero, la elevación relativa del piso y superficie libre aguas abajo, efecto de pilas y estribos en el vertedero, entre otros.

Y, para la segunda parte, se analizó el diseño de la Estación Experimental de Canales (WES) que nos permite obtener valores de presión en la superficie del vertedero para cuando la carga de operación es diferente a la carga de diseño.

### 6.2. Memoria de cálculo

Se escogieron seis diseños con una relación de  $P/H_d$  que descienden desde 3.0 hasta 0.5, como se puede distinguir en la Tabla 6-1.

Diseños	$H$ (cm)	$P$ (cm)	$H_d$ (cm)	$P/H_d$	$y_c$ (cm)	$P - y_c$ (cm)
1	10	30	10	3	1.20	28.80
2	12.5	31.25	12.5	2.5	1.48	29.77
3	12.5	25	12.5	2	1.44	23.56
4	15	22.5	15	1.5	1.66	20.84
5	20	20	20	1	2.03	17.97
6	20	10	20	0.5	1.68	8.32

Tabla 6-1. Cuadro resumen del diseño de los vertederos.

Fuente: Elaboración Propia.

Las coordenadas teóricas de los seis vertederos de perfil Creager, se obtuvieron mediante una Hoja de Cálculo de elaboración propia, en la que se explica de forma detallada los pasos y correcciones necesarias para obtener dichos valores.

A continuación, se muestra prolijamente el primer diseño del vertedero de perfil Creager, en el que se registra el mecanismo de obtención de las coordenadas de diseño.

### Carga de diseño.

Se define una carga de operación específica.

$$H = 0.10 \text{ m}$$

Para cuando la carga de operación es igual a la carga de diseño.

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

Entonces la carga de diseño es:

$$H_d = 0.1 \text{ m}$$

### Coefficiente de descarga.

El coeficiente de descarga  $C$ , adquiere el valor de  $C_o$ .

$$C = C_o$$

Depende de la profundidad.

$$P = 0.30 \text{ m}$$

La relación entre la profundidad y la carga de diseño es:

$$\frac{P}{H_d} = 3$$

Considerando que el parámetro aguas arriba es vertical, se obtiene  $C_o$  de la Figura 5-2.

$$C_o = 2.181$$

### Corrección si la carga es diferente a la de diseño.

Se define la carga de operación.

$$H = 0.10 \text{ m}$$

La relación entre la carga de operación y la carga de diseño es:

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

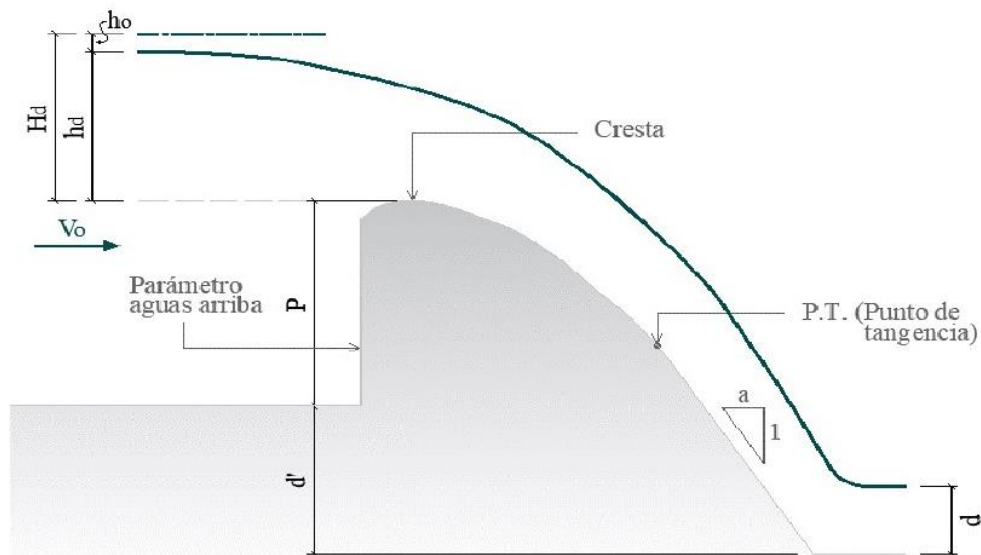
La relación de coeficientes se obtiene de la Figura 5-3.

$$\frac{C}{C_o} = 1$$

Entonces, el valor corregido del coeficiente de descarga es:

$$C = 2.181$$

**Corrección por la elevación relativa del piso y superficie libre aguas abajo.**



Diferencia de nivel entre el canal aguas arriba y aguas abajo.

$$d' = 0.50 \text{ m}$$

Profundidad aguas abajo del vertedero.

$$d = 0.15 \text{ m}$$

Posición relativa del piso aguas abajo.

$$\frac{z}{H_d} = 9.00 \text{ m}$$

Grado de ahogamiento.

$$\frac{z-d}{H_d} = 7.50 \quad \text{m}$$

El coeficiente de descarga modificado por un porcentaje de reducción es:

$$c = 2.181$$

### Longitud efectiva de la cresta.

La longitud total de la cresta está limitada por el ancho del canal.

$$L = 0.457 \quad \text{m}$$

Coefficiente de contracción por efecto de estribos se obtiene según la Figura 5-8 y está en función al ángulo que forma el muro de acceso con la dirección del flujo.

$$\begin{aligned} \theta &= 0^\circ \\ K_a &= 0 \end{aligned}$$

Al no haber pilas intermedias, la longitud efectiva de la cresta tiene la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} L_e &= L - 2(K_a + N K_p) H \\ L_e &= L - 2 K_a H \\ L_e &= 0.457 \quad \text{m} \end{aligned}$$

### Capacidad de descarga o caudal.

El caudal se obtiene utilizando la Ecuación (5-2).

$$\begin{aligned} Q &= c L_e H^{3/2} \\ Q &= 0.0315 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q &= 31.52 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q &= \frac{Q}{L_e} \\ q &= 0.0690 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

La velocidad de llegada se obtiene utilizando la Ecuación (5-3).

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{q}{P+H} \\ V_o &= 0.1724 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga máxima probable.

La carga máxima probable se obtiene multiplicando la carga de diseño por un factor de amplificación específico.

$$\text{factor de amplificación} = 1.33$$

$$\begin{aligned} H_{d \max} &= 1.33H_d \\ H_{d \max} &= 0.133 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el caudal máximo probable es:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= C Le H_{d \max}^{3/2} \\ Q_{\max} &= 0.0483 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q_{\max} &= 48.34 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \frac{Q_{\max}}{Le} \\ q_{\max} &= 0.1058 \quad \text{m}^3/\text{s/m} \end{aligned}$$

Con una respectiva velocidad de llegada.

$$\begin{aligned} V_{o \max} &= \frac{q_{\max}}{P + H_{d \max}} \\ V_{o \max} &= 0.2443 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga de velocidad.

Utilizando la velocidad de llegada con la carga de operación.

$$\begin{aligned} V_o &= 0.17242 \quad \text{m/s} \\ h_o &= \frac{V_o^2}{2g} \\ h_o &= 0.00152 \quad \text{m} \end{aligned}$$

La relación entre la carga de velocidad y la carga total de diseño.

$$\frac{h_o}{H_d} = 0.01515 \quad \text{m}$$

**Perfil del vertedero.**

**Cuadrante aguas abajo del vertedero.**

Según la ecuación general para el perfil de la zona del cuadrante aguas abajo del vertedero.

$$\frac{y}{H_d} = k \left( \frac{x}{H_d} \right)^N$$

Los coeficientes experimentales k y N dependen del talud del parámetro aguas arriba y de la profundidad del canal de acceso y se muestran en las Figuras 5-14 y 5-15.

$$\begin{aligned} k &= 0.5030 \\ N &= 1.8639 \end{aligned}$$

Depende del ángulo de inclinación final de la parábola a partir del cual se mantiene recto.

$$a = 0.700$$

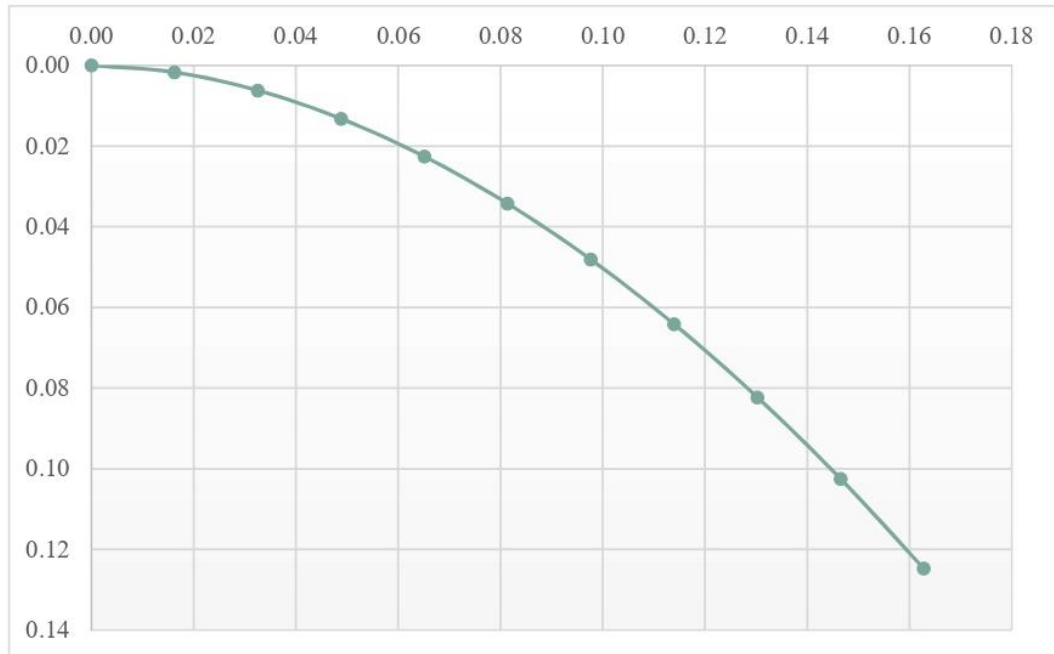
El perfil del vertedero tiene forma parabólica hasta el punto de tangencia.

$$\begin{aligned} x_t &= \frac{H_d}{(kaN)^{1/N-1}} \\ x_t &= 0.1628 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Se proponen valores en el eje de las abscisas para hallar los resultantes respectivos en el eje de las ordenadas.

Eje x Abscisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.000
0.016	0.002
0.033	0.006
0.049	0.013
0.065	0.023
0.081	0.034
0.098	0.048
0.114	0.064
0.130	0.082
0.147	0.103
0.163	0.125

→ Punto de Tangencia



Se verifica que el talud a sea el menor de los últimos hallados.

#### Cuadrante aguas arriba del vertedero.

Para el perfil de la zona del cuadrante aguas arriba del vertedero se utiliza la Figura 5-16.

$$\begin{aligned} x_c &= 0.0276 \text{ m} \\ y_c &= 0.0120 \text{ m} \\ R_1 &= 0.0523 \text{ m} \\ R_2 &= 0.0224 \text{ m} \end{aligned}$$

**Primera parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1' y 2'.

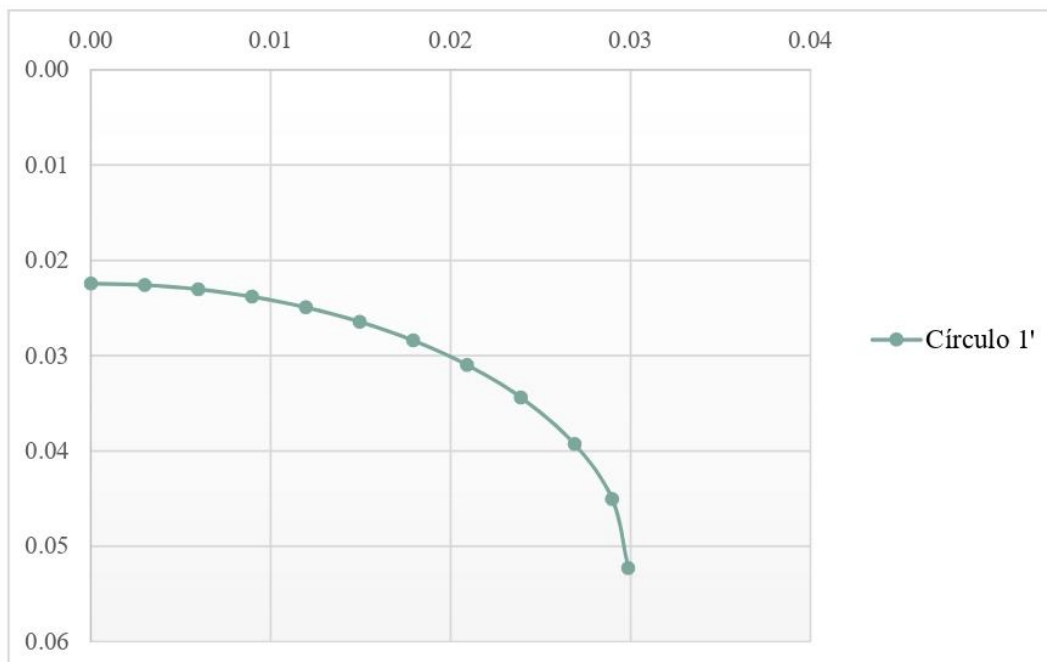
La diferencia de radios.

$$R_1 - R_2 = 0.0299 \text{ m}$$

Se ubican las coordenadas del círculo 1' en un cuadrante.

$$\begin{aligned} \text{Centro} & ( 0.0000 , 0.0523 ) \text{ m} \\ \text{Radio} & 0.0299 \text{ m} \end{aligned}$$

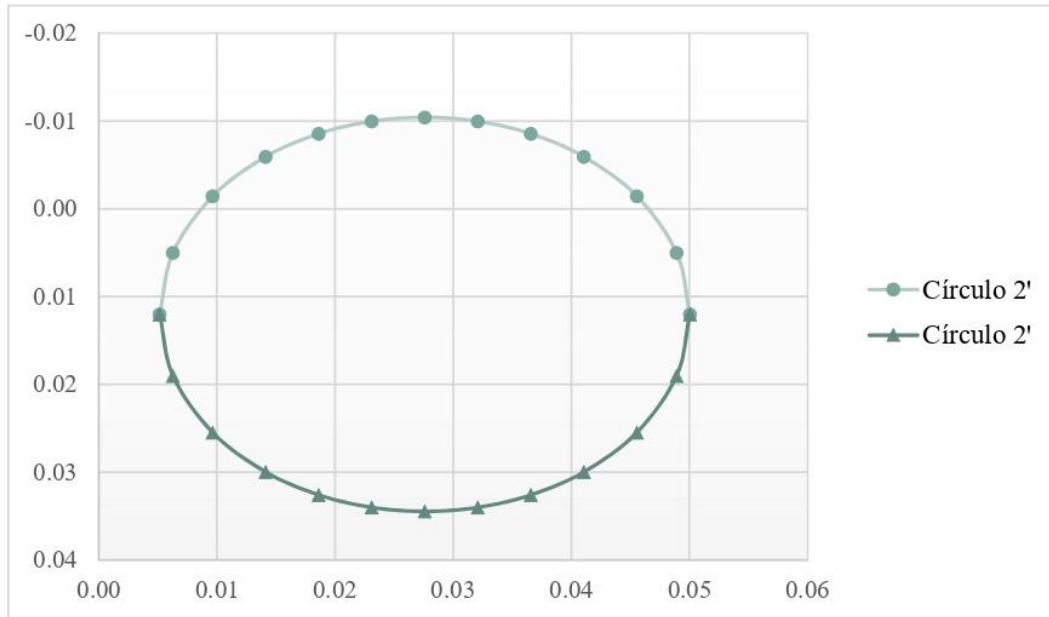
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.022
0.006	0.023
0.012	0.025
0.018	0.028
0.024	0.034
0.030	0.052



Se ubican las coordenadas del círculo 2' en dos cuadrantes.

Centro ( 0.0276 , 0.0120 ) m  
Radio 0.0224 m

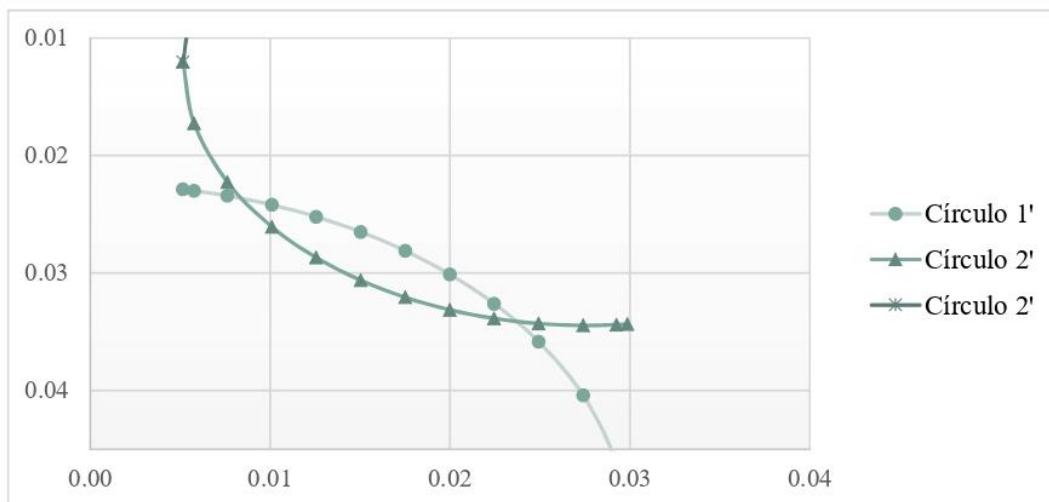
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.005	0.012	0.012
0.014	-0.006	0.030
0.023	-0.010	0.034
0.032	-0.010	0.034
0.041	-0.006	0.030
0.050	0.012	0.012



Luego, se busca la intersección entre las circunferencias mencionadas.

Con sus respectivas coordenadas.

Eje x Abcisas ( m )	Círculo 1'		Círculo 2'	
	Eje y Ordenadas			
	( m )			
0.005	0.023	0.012	0.012	
0.010	0.024	0.026	-0.002	
0.015	0.027	0.031	-0.007	
0.020	0.030	0.033	-0.009	
0.025	0.036	0.034	-0.010	
0.030	0.052	0.034	-0.010	



Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre los dos círculos son las siguientes:

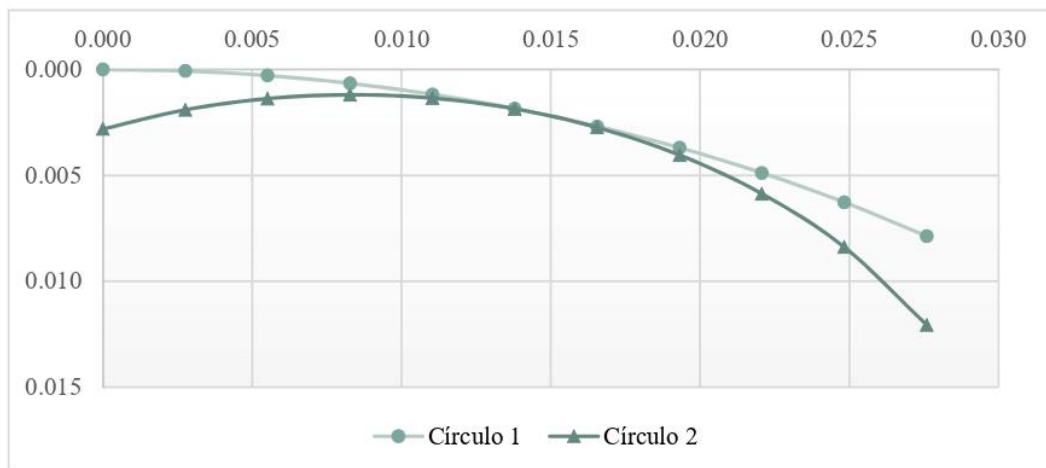
$$\begin{aligned} x &= 0.00837 \text{ m} \\ y &= 0.0236 \text{ m} \end{aligned}$$

**Segunda parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1 y 2.

Centro 1 ( 0.0000 , 0.0523 ) m  
Radio 1 0.0523 m

Centro 2 ( 0.0084 , 0.0236 ) m  
Radio 2 0.0224 m

	Círculo 1	Círculo 2
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.000	0.0000	0.0028
0.006	0.0003	0.0014
0.011	0.0012	0.0014
0.017	0.0027	0.0027
0.022	0.0049	0.0059
0.028	0.0079	0.0121

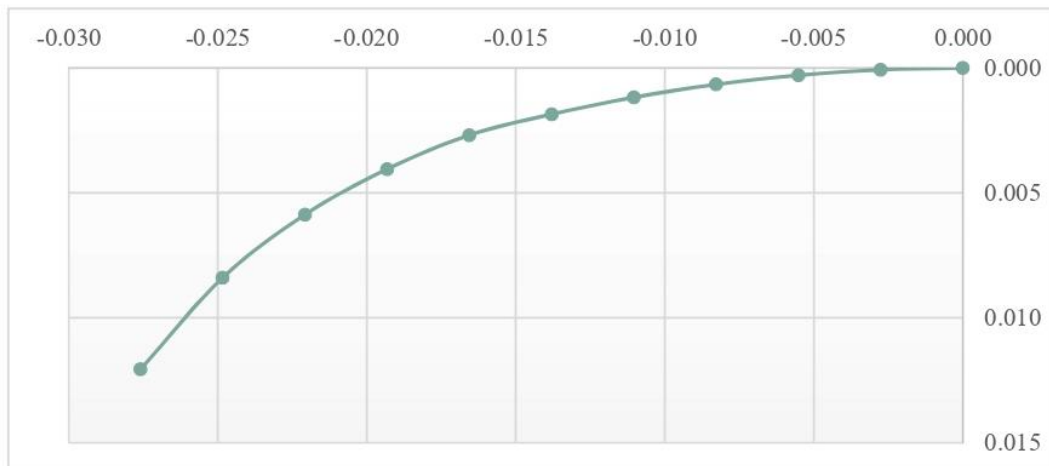


Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre ambos círculos es:

$$\begin{aligned} x &= 0.0193 \text{ m} \\ y &= 0.0037 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tercera parte:** Coordenadas finales del cuadrante aguas arriba del vertedero.

Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.0000
-0.003	0.0001
-0.006	0.0003
-0.008	0.0007
-0.011	0.0012
-0.014	0.0019
-0.017	0.0027
-0.019	0.0040
-0.022	0.0059
-0.025	0.0084
-0.028	0.0121



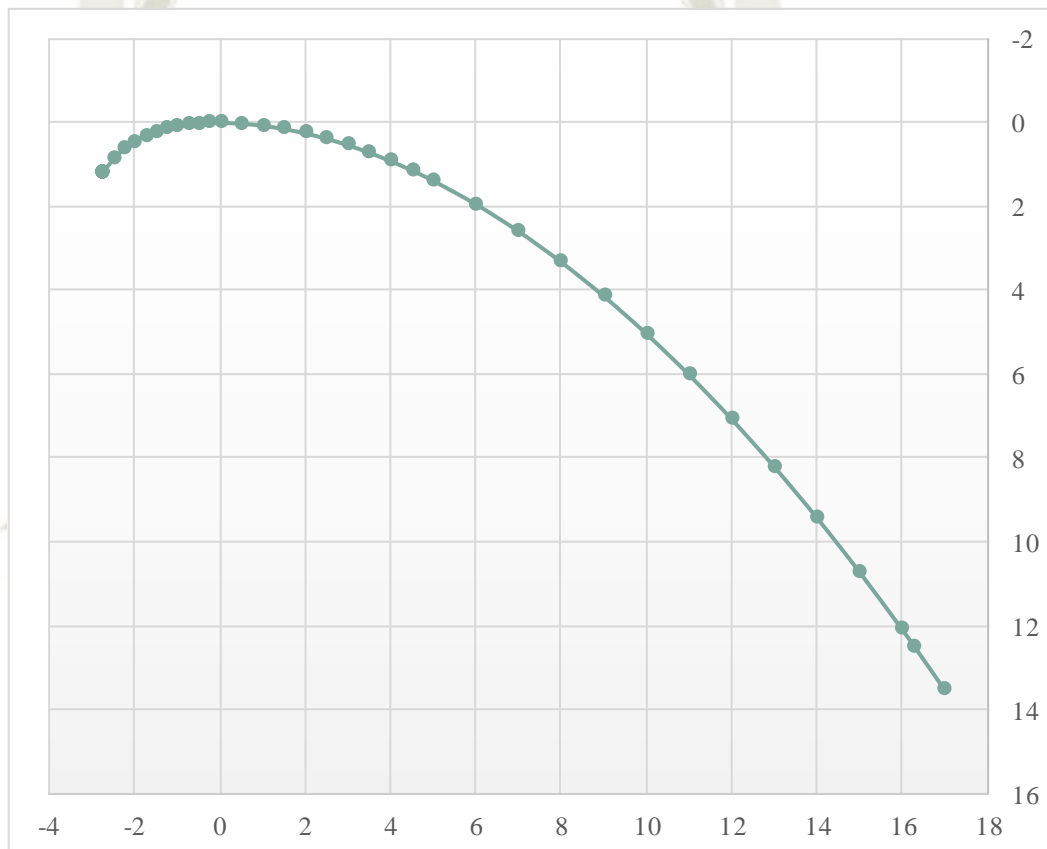
### Coordenadas del perfil del vertedero.

Se ordenan las coordenadas, de tal manera que los valores en el eje de las abscisas son valores exactos que se puedan comparar con los obtenidos en el análisis experimental.

Eje x Abscisas ( cm )	Eje y Ordenadas ( cm )
-2.76	1.206
-2.75	1.191
-2.50	0.857
-2.25	0.621
-2.00	0.445
-1.75	0.301
-1.50	0.220
-1.25	0.152
-1.00	0.096
-0.75	0.054
-0.50	0.024
-0.25	0.006
<b>0.00</b>	<b>0.000</b>
0.50	0.019
1.00	0.069
1.50	0.147
2.00	0.250
2.50	0.380
3.00	0.533
3.50	0.711
4.00	0.912
4.50	1.136
5.00	1.382
6.00	1.941
7.00	2.587
8.00	3.319
9.00	4.133
10.00	5.030
11.00	6.008
12.00	7.066
13.00	8.203

14.00	9.418
15.00	10.711
16.00	12.080
16.28	12.478
17.00	13.525
18.00	15.045
19.00	16.641

El siguiente gráfico muestra las coordenadas finales del vertedero en centímetros.



Cabe resaltar que, los perfiles de los modelos a escala reducida son los mismos que los correspondientes a estos seis diseños teóricos, puesto que este es el propósito del hallazgo de sus coordenadas.

Por otra parte, se necesitan estas coordenadas para una posterior comparación con las obtenidas de forma práctica, sin embargo, es inverosímil la ocasión en la que se llegue a una relación de  $P/H_d$  igual a los valores registrados en el diseño.

En consecuencia, se realizó una modificación de los diseños teóricos, para su posterior comparación con los obtenidos de forma experimental, teniendo en cuenta que la nueva

profundidad o altura de paramento  $P$  es igual a la altura del vertedero de pared delgada más la distancia vertical hasta que el flujo forme una pendiente igual a cero o que su tangente sea horizontal (ver Anexo B).

Para la segunda parte, se necesitan ábacos con una relación de  $P/H_d$  igual a 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50 y 3.00, sin embargo, de la bibliografía revisada, se tienen valores de  $P/H_d$  igual a 0.25, 0.50, 1.00 y 3.40.

Por lo tanto, se interpolan dichos ábacos para poder comparar los resultados obtenidos de forma experimental con los nuevos estimados (ver Anexo C).

### 6.3. Resultados

#### 6.3.1. Perfil de vertederos tipo Creager.

Se realizó el cálculo correspondiente para hallar las coordenadas de seis vertederos de perfil Creager, para luego obtener sus gráficas correspondientes (ver Anexo B).

También, se hallaron las coordenadas modificadas según las características del flujo presentes en el laboratorio (ver Anexo B), para su posterior comparación (ver Anexo F).

A continuación, se muestran gráficos con características definidas para cada vertedero de perfil Creager a escala reducida.

- Para  $P/H_d = 3$ .

Carga de diseño  $H_d = 100 \text{ mm}$

Profundidad  $P = 300 \text{ mm}$

Velocidad  $V_o = 0.172 \text{ m/s}$

$E = 12.0 \text{ mm}$

Punto de tangencia  $x = 162.8 \text{ mm} \wedge y = 124.8 \text{ mm}$

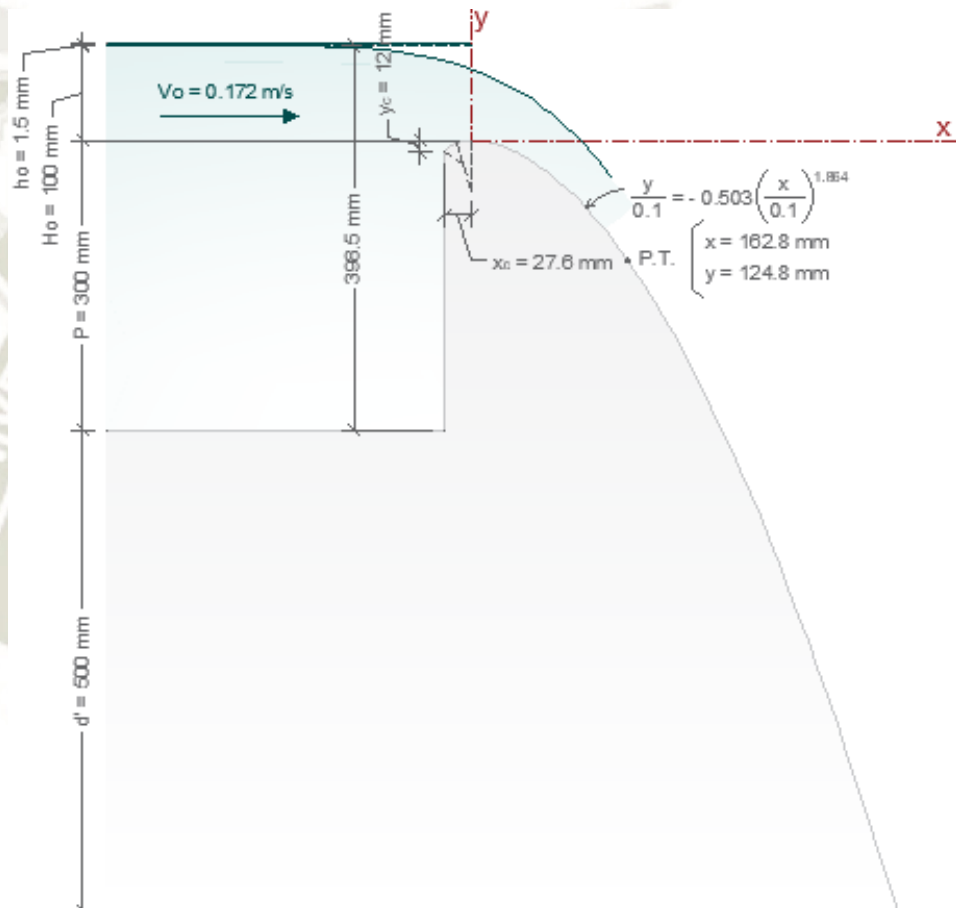


Figura 6-1. Perfil de un cimacio para  $P/H_d = 3$  y  $H_d = 10 \text{ cm}$ .

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 2.5$ .

Carga de diseño  $H_d = 125 \text{ mm}$

Profundidad  $P = 312.5 \text{ mm}$

Velocidad  $V_o = 0.220 \text{ m/s}$

$E = 14.8 \text{ mm}$

Punto de tangencia  $x = 203.6 \text{ mm} \wedge y = 156.3 \text{ mm}$

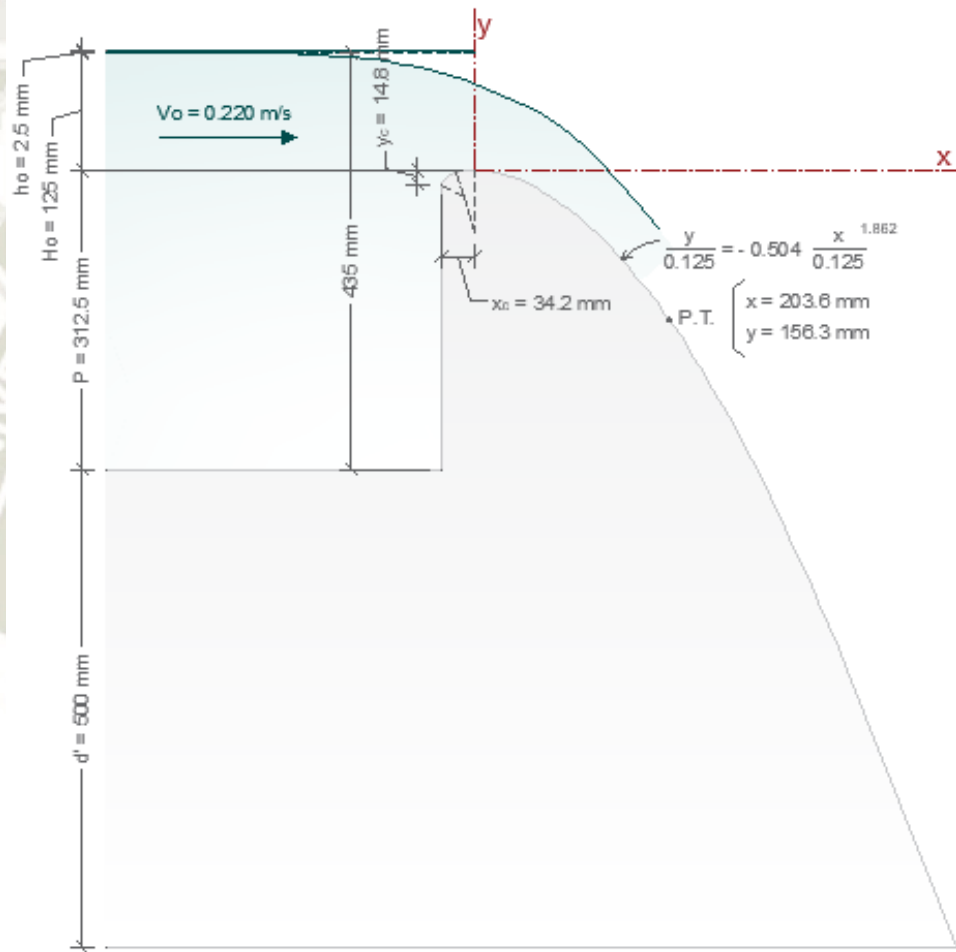


Figura 6-2. Perfil de un cimacio para  $P/H_d = 2.5$  y  $H_d = 12.5 \text{ cm}$ .

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 2$ .

Carga de diseño  $H_d = 125 \text{ mm}$

Profundidad  $P = 250 \text{ mm}$

Velocidad  $V_o = 0.256 \text{ m/s}$

$E = 14.4 \text{ mm}$

Punto de tangencia  $x = 203.8 \text{ mm} \wedge y = 156.7 \text{ mm}$

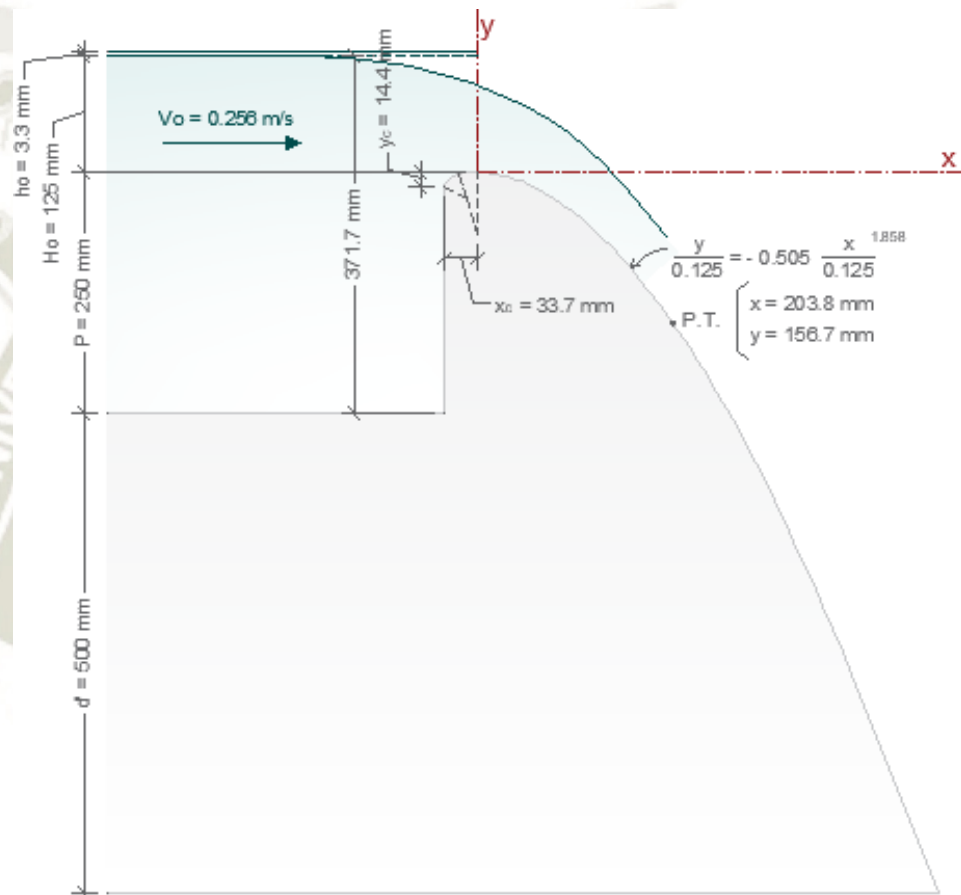


Figura 6-3. Perfil de un cimacio para  $P/H_d = 2$  y  $H_d = 12.5 \text{ cm}$ .

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 1.5$ .

Carga de diseño  $H_d = 150 \text{ mm}$

Profundidad  $P = 225 \text{ mm}$

Velocidad  $V_o = 0.335 \text{ m/s}$

$E = 16.6 \text{ mm}$

Punto de tangencia  $x = 245.0 \text{ mm} \wedge y = 188.9 \text{ mm}$

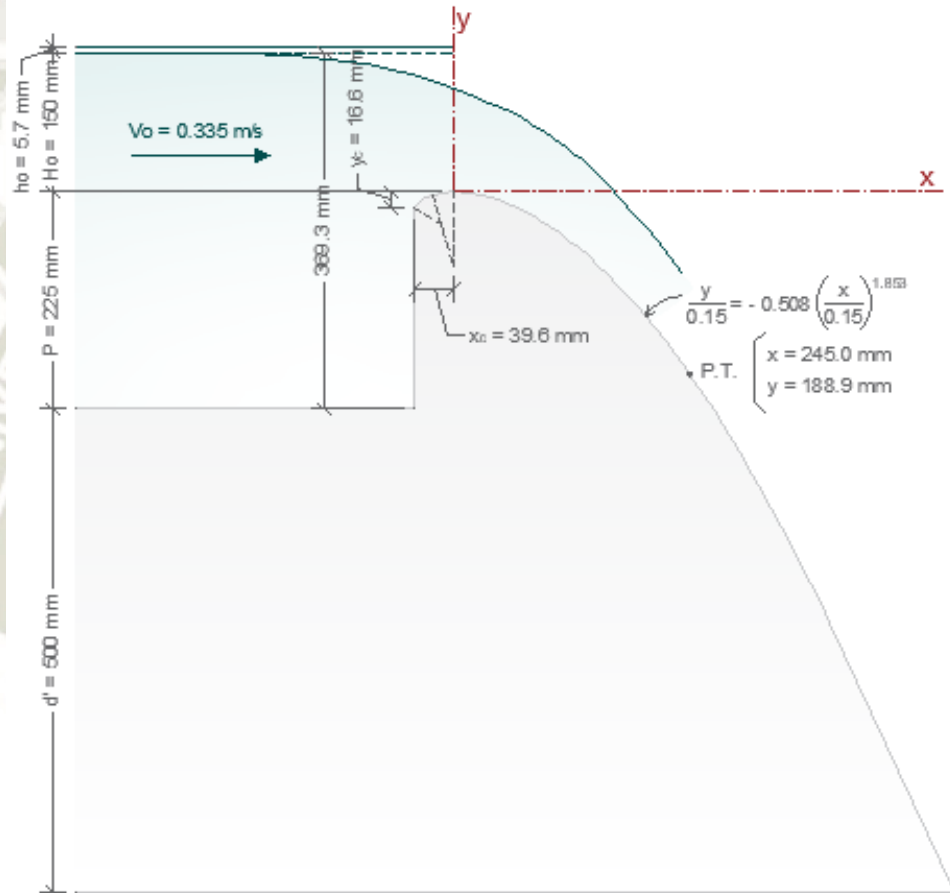


Figura 6-4. Perfil de un cimacio para  $P/H_d = 1.5$  y  $H_d = 15 \text{ cm}$ .

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 1$ .

Carga de diseño  $H_d = 200 \text{ mm}$

Profundidad  $P = 200 \text{ mm}$

Velocidad  $V_o = 0.480 \text{ m/s}$

$E = 20.3 \text{ mm}$

Punto de tangencia  $x = 327.4 \text{ mm} \wedge y = 253.6 \text{ mm}$

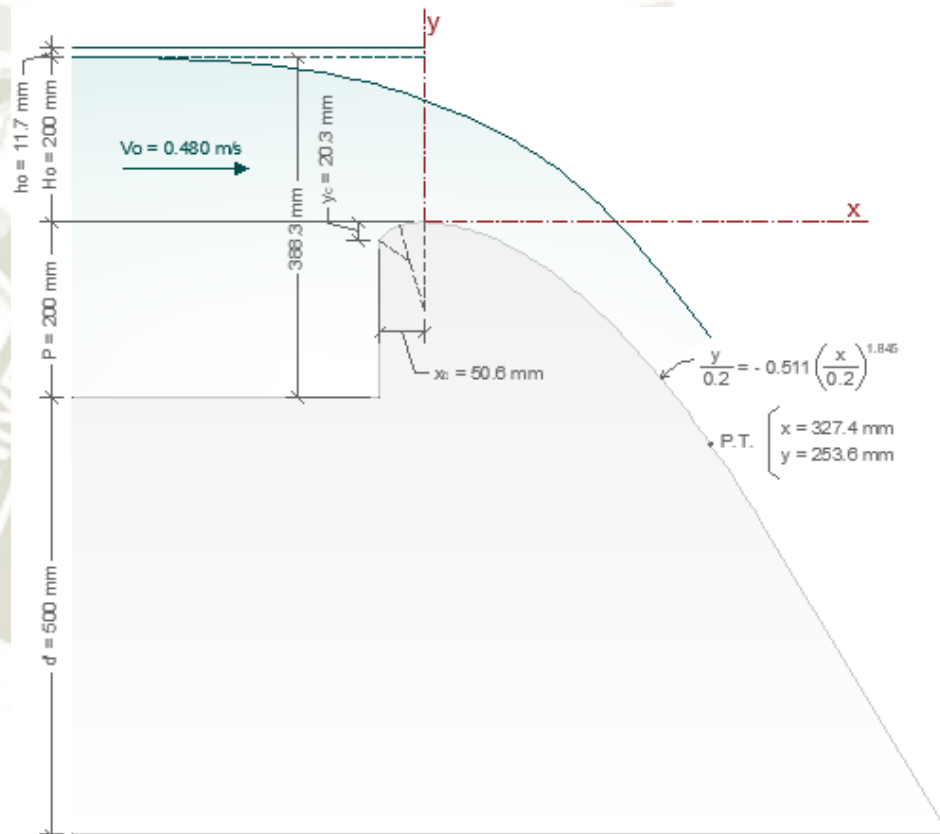


Figura 6-5. Perfil de un cimacio para  $P/H_d = 1$  y  $H_d = 20 \text{ cm}$ .

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 0.5$ .

Carga de diseño  $H_d = 200 \text{ mm}$

Profundidad  $P = 100 \text{ mm}$

Velocidad  $V_o = 0.625 \text{ m/s}$

$E = 16.8 \text{ mm}$

Punto de tangencia  $x = 332.3 \text{ mm} \wedge y = 258.8 \text{ mm}$

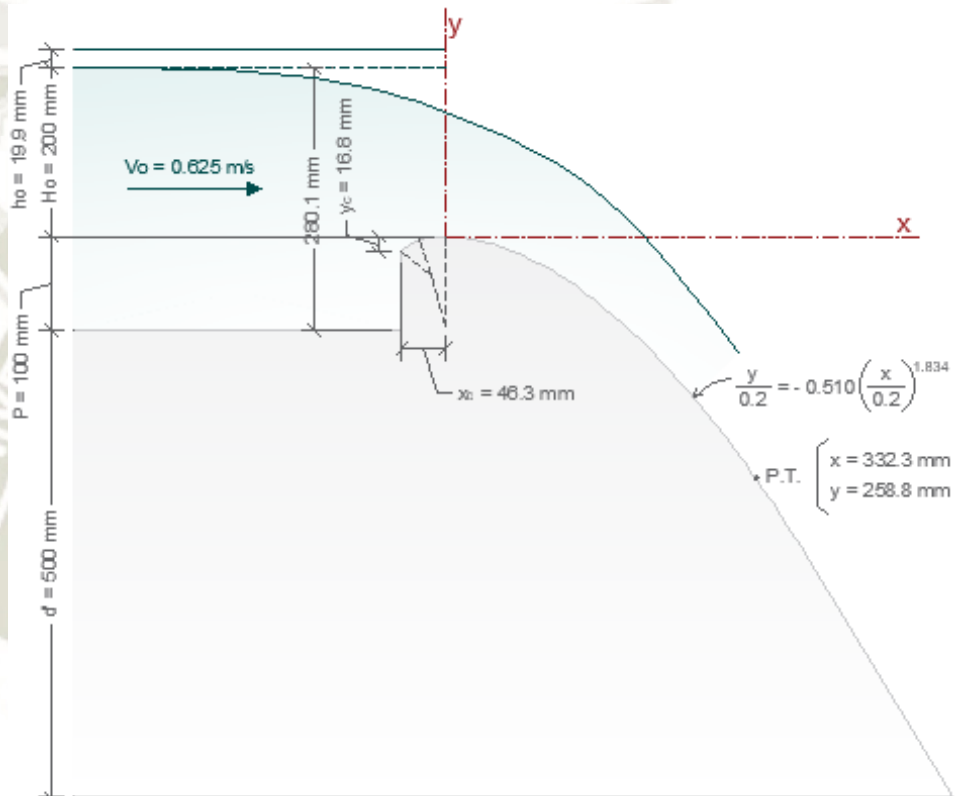


Figura 6-6. Perfil de un cimacio para  $P/H_d = 0.5$  y  $H_d = 20 \text{ cm}$ .

Fuente: Elaboración Propia.

### 6.3.2. Presiones para $P/H_d$ estimados.

Se realizó una interpolación para los ábacos  $P/H_d = 3.00$ ,  $P/H_d = 2.50$ ,  $P/H_d = 2.00$  y  $P/H_d = 1.50$  (ver Anexo C).

- Para  $P/H_d = 3.00$ .

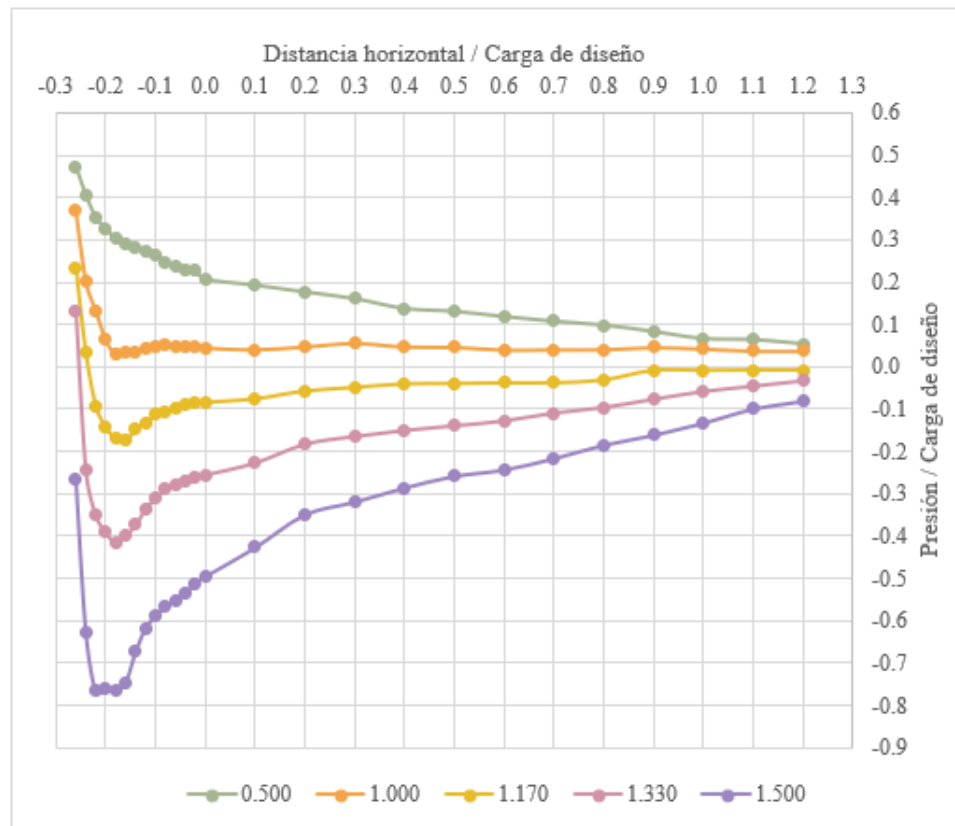


Gráfico 6-1. Presiones en la superficie del vertedero para  $P/H_d=3.00$

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 2.50$ .

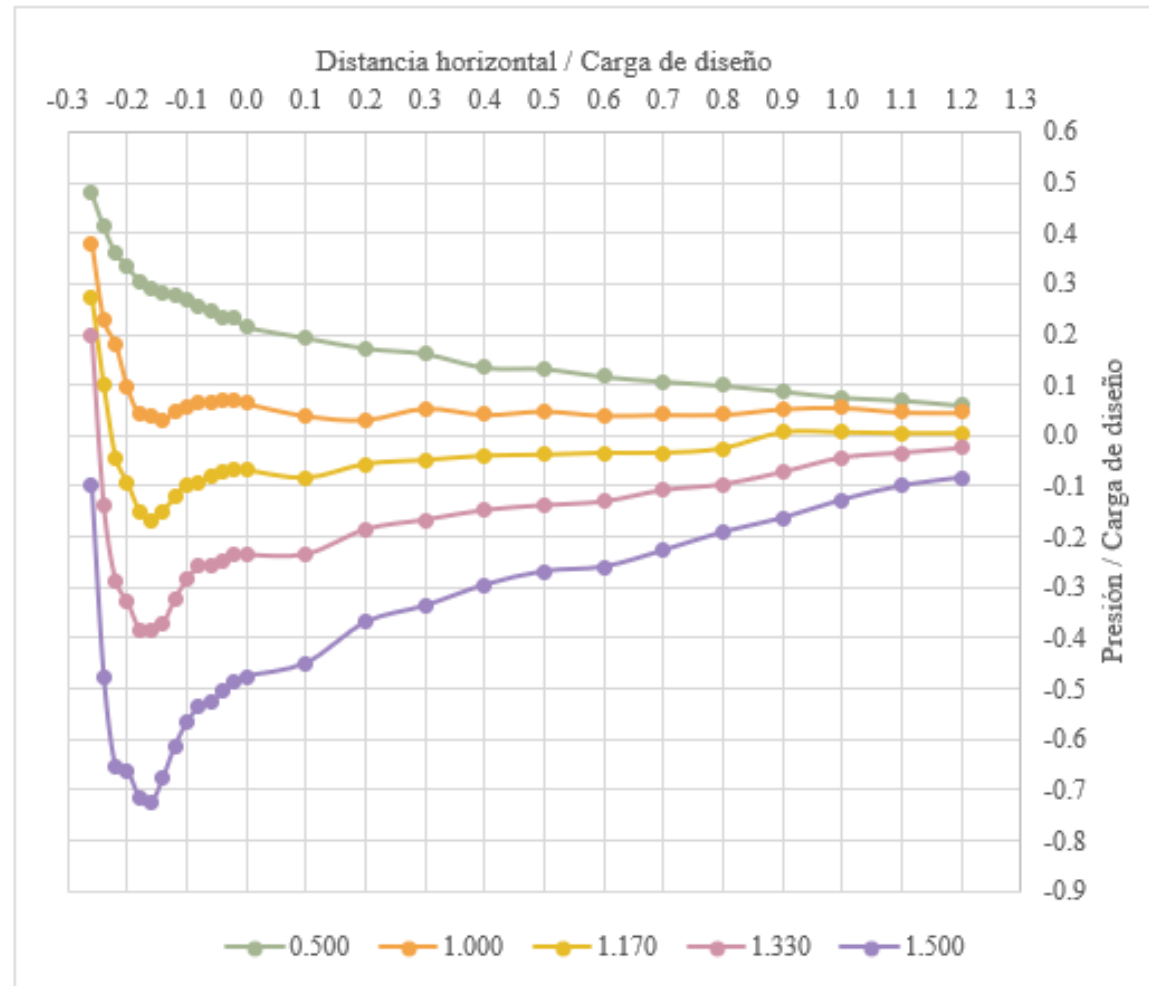


Gráfico 6-2. Presiones en la superficie del vertedero para  $P/H_d=2.50$

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 2.00$ .

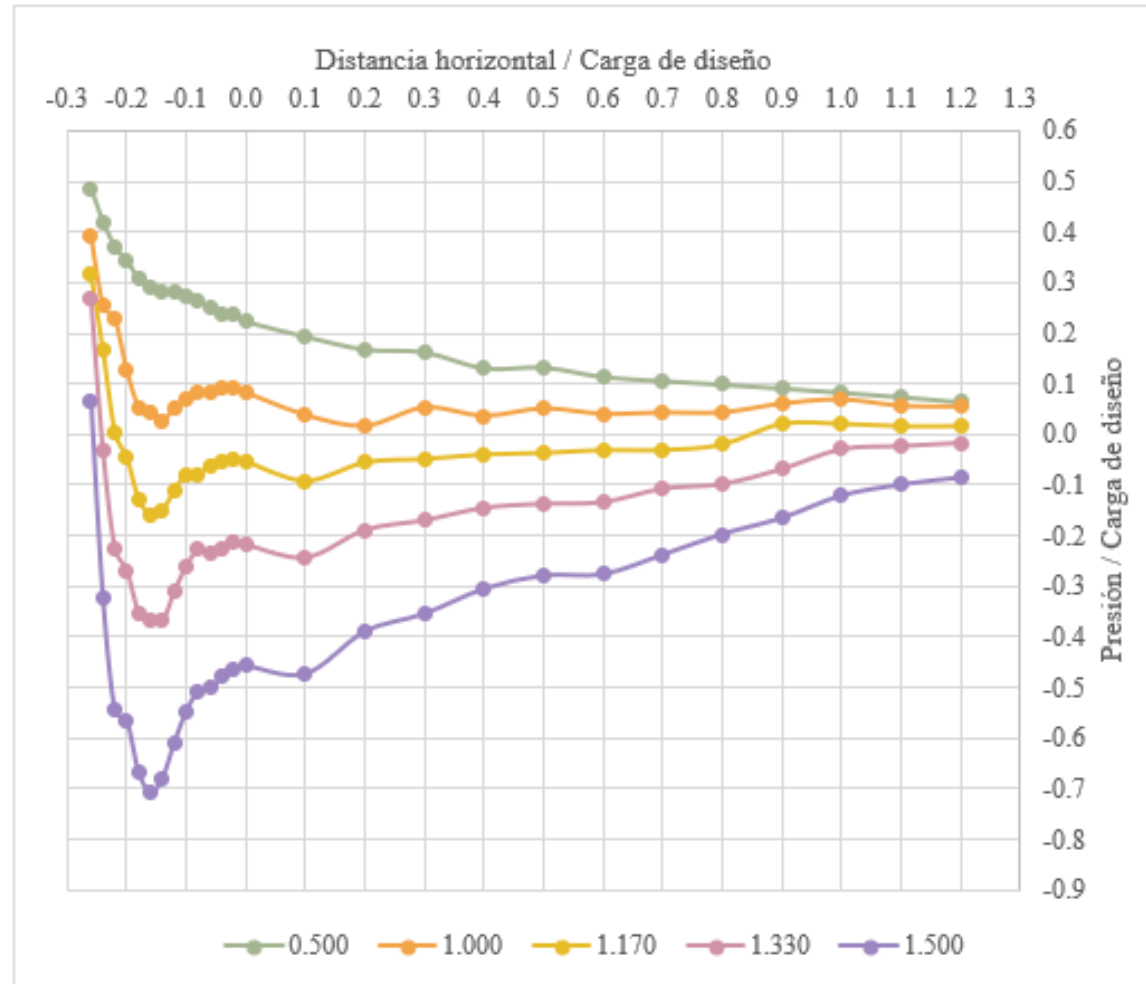


Gráfico 6-3. Presiones en la superficie del vertedero para  $P/H_d=2.00$

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 1.50$ .

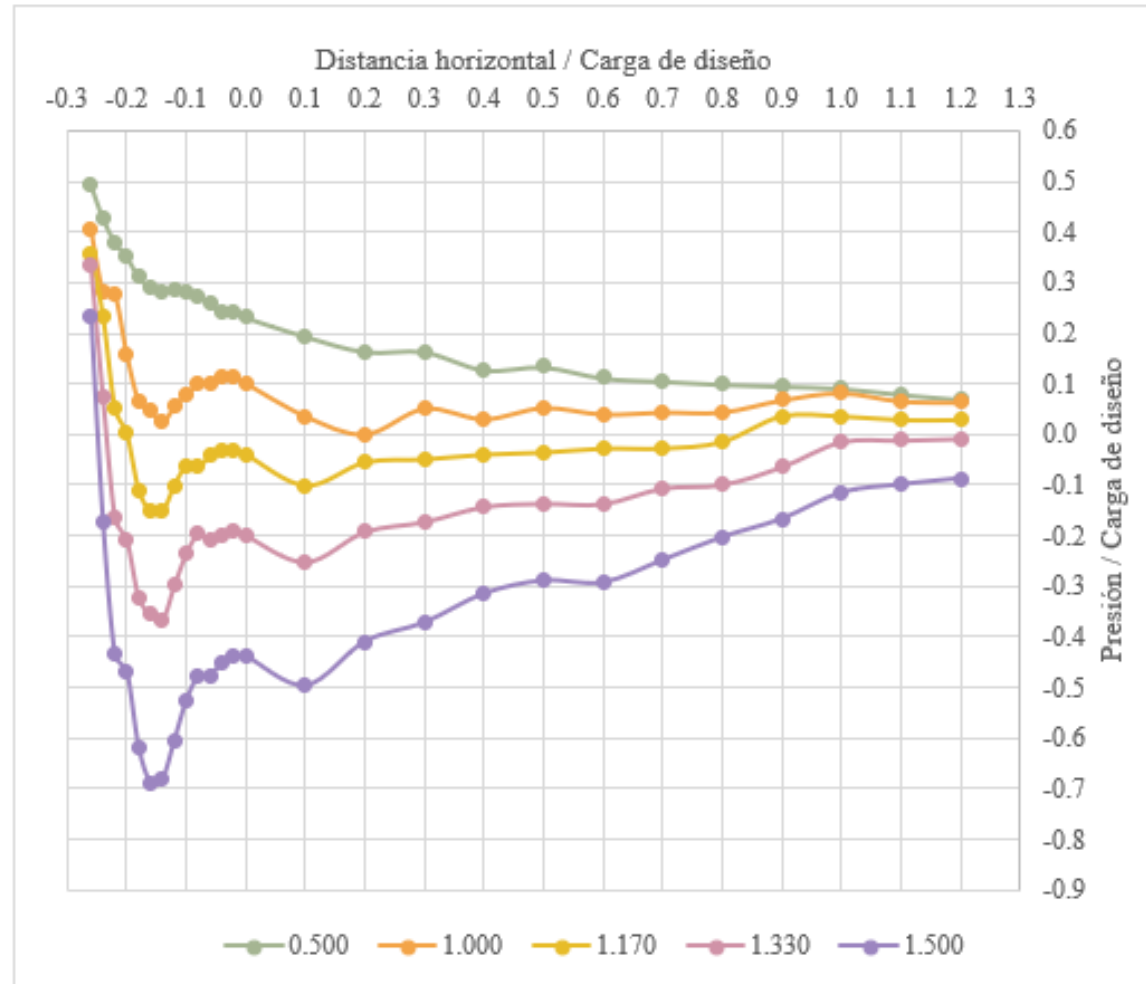


Gráfico 6-4. Presiones en la superficie del vertedero para  $P/H_d=1.50$

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 1.00$ .

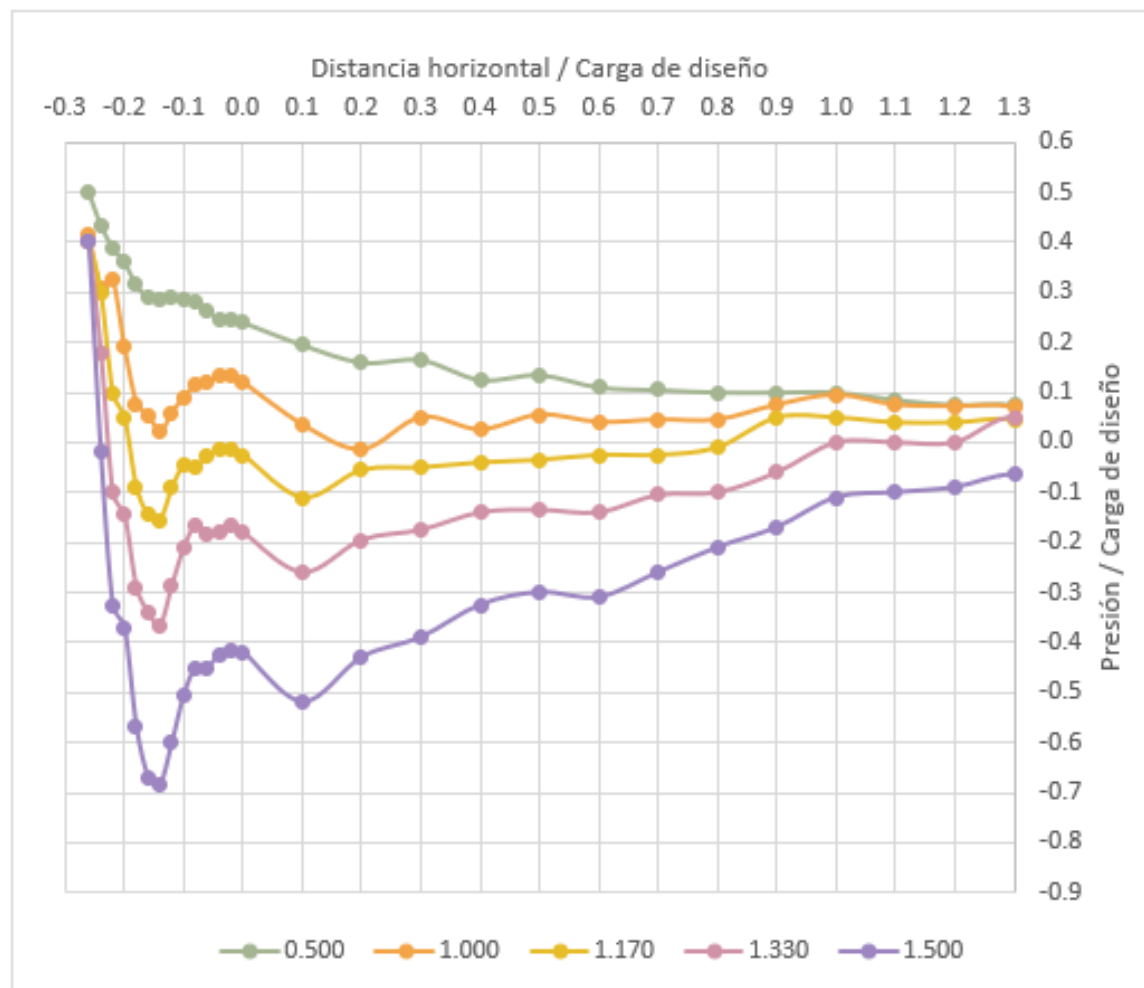


Gráfico 6-5. Presiones en la superficie del vertedero para  $P/H_d=1.00$

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 0.50$ .

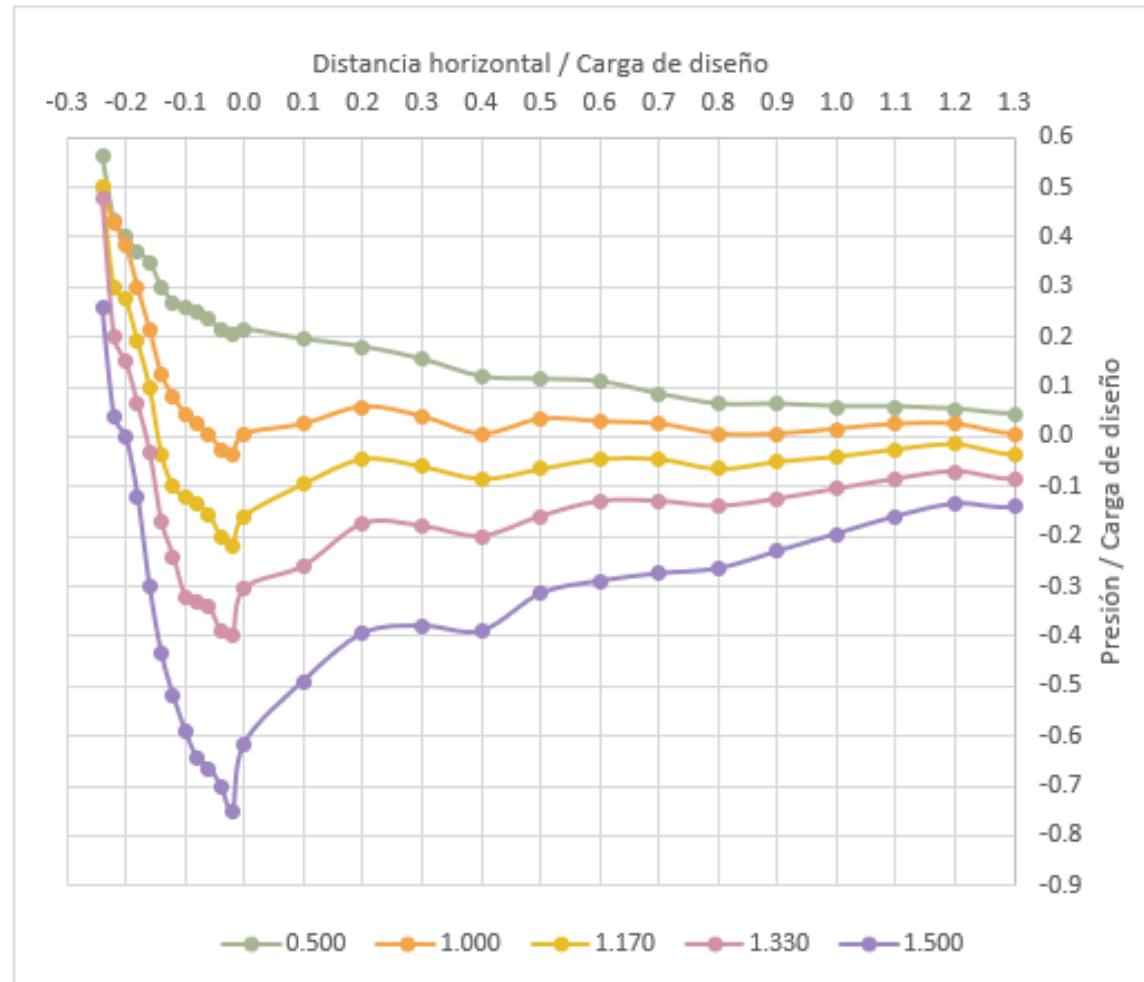


Gráfico 6-6. Presiones en la superficie del vertedero para  $P/H_d=0.50$

Fuente: Elaboración Propia.

## CAPÍTULO 7. Análisis Experimental

### 7.1. Preparación de la muestra

#### 7.1.1. Limpieza previa.

El canal hidráulico, está en uso constante por lo que previo a realizar cualquier tipo de ensayo, se debe cerciorar que la superficie del canal este totalmente limpia, es decir sin ningún tipo de objeto o aditamento que haya sido empleado en un ensayo anterior, ya sean vertederos, gradas o algún instrumento eléctrico.

Seguidamente, se debe realizar una limpieza profunda, verificando principalmente que no queden restos de silicona, material utilizado para que los vertederos o cualquier otro tipo de objeto se adhiera al canal de forma no permanente. No obstante, a haberse realizado una limpieza previa, se realiza un último lavado con el uso de thinner, un diluyente diseñado para disolver y diluir sustancias insolubles en agua.

De la misma forma, se debe limpiar el vertedero a instalarse después de su desmontaje anterior, conservando la capa de pintura superficial que evita la corrosión o el deterioro del acero interno al estar en contacto directo con el agua.



*Figura 7-1. Limpieza de canal de aproximación.*

*Fuente: Elaboración propia.*

### 7.1.2. Montaje de vertederos.

#### - Vertederos de pared delgada

En cuanto al montaje de este tipo de vertederos, al ser estos constituidos por dos piezas, un mecanismo ajustable y placas de acrílico de 6 milímetros de espesor, previo a su instalación estas piezas deben ser ensambladas temporalmente, para ello se utilizó Cinta adhesiva Scotch transparente de 3/4'' de ancho, para luego fijar unión a través de pernos hexagonales y tuercas.

Acto seguido de preparar el vertedero de altura definida, se procede a colocarlo en la grada o caída de 500 milímetros de distancia ubicada en la parte media del canal de aproximación, para luego verificar su verticalidad con una escuadra de tamaño considerable y finalmente pegarlo de forma temporal con Silicona transparente multiusos Sikasil C, empleando una pistola calafatera.



*Figura 7-2. Montaje de vertedero de pared delgada.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Es importante respetar el tiempo de secado de la silicona, que según las recomendaciones del fabricante, estaría en el orden de 30 horas, por lo que se debe ensayar después de haber cumplido este periodo de tiempo.

Por otra parte, este vertedero posee una serie de orificios en la superficie del mecanismo de acero ajustable, con el fin de garantizar una correcta aireación en este, empero de esto, de acuerdo a la altura definida algunos de estos orificios deben ser sellados con Cinta Scotch transparente, para evitar que el agua discurra a través de estos, en la cara aguas arriba del vertedero.

#### - **Vertederos de perfil Creager**

En relación al vertedero de perfil Creager, luego de haber hecho la limpieza total del mismo, este vertedero se debe encajar en la grada o caída ubicada en el medio del canal de aproximación, es esencial verificar que la superficie superior del vertedero coincida con el perfil de diseño, habiendo verificado su perfil, se procede a llenar las juntas con Silicona transparente multiusos Sikasil C, empleando una pistola calafatera.

En este caso en particular, el tiempo de secado de la silicona se aproxima a las 50 horas, siendo este mayor en comparación con el del vertedero de pared delgada, debido a que las juntas demandan mayor volumen de silicona aplicada.



*Figura 7-3. Instalación de vertedero de perfil Creager.*

*Fuente: Elaboración propia.*

En este sentido, cumplido el plazo de secado, se deben realizar una serie de ensayos en vacío (sin tomar datos), con el fin de garantizar que no exista ningún tipo de fuga o imperfecto. Caso contrario, si existiese algún tipo de fuga menor, se puede resanar y esperar un tiempo prudente dependiendo de la cantidad de silicona a usar, sin embargo, si el escape de agua es considerable, se debe retirar el vertedero en mención y repetir el procedimiento desde su limpieza.

### **7.1.3. Preparación del sistema de bombeo.**

En cuanto al sistema de bombeo, se debe verificar que las tuberías de alimentación y propulsión, así como las uniones de estas estén perfectamente ajustadas, con el propósito de evitar alguna fuga, además se debe comprobar que las motobombas tengan suficiente gasolina para realizar la prueba, caso contrario estas deben ser reabastecidas de combustible.

Asimismo, se debe asegurar que el nivel de agua en el depósito de almacenamiento sea constante, para garantizar que las bombas tengan suficiente agua para succionar. A pesar de todo, con el propósito de realizar una prueba se llena la posa de disipación sin dejar que el flujo llegue hasta el canal de aproximación.

### **7.1.4. Preparación de los instrumentos de medición.**

En primer lugar, es necesario fijar el flujómetro a una distancia aguas arriba del vertedero, esta distancia corresponde a cuatro veces la carga máxima, esta se consideró la cantidad de 1.33 veces la carga de diseño.

Acto seguido se debe realizar una conexión entre el flujómetro y una computadora, que posea el programa SonTek IQ: Intelligent Flow, un software proporcionado por el fabricante, este programa gestiona y almacena los datos recabados por el flujómetro.

Por otra parte, se deben conectar unas mangueras de PVC flexible de grado de laboratorio al vertedero instalado, para luego ajustarlas a este con tuercas y fijarlas con pegamento instantáneo Triz de la marca Soldimix, el otro extremo debe ser

colocado en los sensores de presión, a fin de evitar fugas, se coloca teflón en el extremo de las mangueras.

A continuación, se procede a llenar las mangueras de PVC flexible hasta que se encuentren colmadas de agua y sin burbujas o aire dentro de estas. Previo a realizar las pruebas se debe verificar que no haya alguna fuga de agua de las mangueras, caso contrario, se debe retirar el teflón y colocar uno nuevo con mayor espesor para sellarlo completamente.

## 7.2. Procedimiento de los ensayos

### 7.2.1. Vertederos de pared delgada.

En este caso, se deben encender las motobombas y el flujómetro simultáneamente, este último marca la pauta para poder regular las bombas y obtener el caudal deseado para la experiencia en laboratorio puesto que se busca llegar a la carga de diseño.

Cuando se llegue a una carga equivalente a la altura del paramento más la carga de diseño ( $P + H_d$ ), se procede a graficar manualmente la napa inferior del flujo que discurre a través del vertedero de pared delgada, para tener una mayor precisión se colocó una cuadrícula en una de las paredes del canal donde con marcadores podemos calcar la trayectoria del flujo, para después reproducirlo en una hoja de tamaño A3.

Inmediatamente después, se mide la distancia vertical a partir del plano horizontal superior del vertedero de pared delgada y la tangente horizontal ubicada en la zona más alta de la napa inferior del flujo que discurre aguas abajo del vertedero ( $E$ ), por ser esta última, la ubicación del eje de coordenadas a partir del cual se mide la carga de operación.

Por lo tanto, se aumenta la potencia de las bombas hasta llegar a una carga total correspondiente a la altura del paramento más la carga de diseño más  $E$  ( $P + H_d + E$ ), y se dibuja nuevamente el perfil de la napa en otra hoja tamaño A3 (ver Anexo D).

Cabe resaltar que, previo a realizar cualquier gráfico, se introduce una tubería de PVC en la napa vertiente, si es que no se observa ningún tipo de modificación en la trayectoria del flujo, se procede a retirar la tubería, pues con esto se verifica que la aireación es completa.

Finalmente, cada una de las gráficas hechas a mano son computarizadas mediante un software de diseño asistido por computadora.

### 7.2.2. Vertederos de perfil Creager.

En esta prueba, al igual que en la anterior, es necesario iniciar la toma de datos de los transmisores de presión y del flujómetro simultáneamente. Estos dispositivos deben ser iniciados antes de que empiece la experiencia, para poder tener un registro de los valores de la presión cuando no hay caudal en el vertedero.

Asimismo, debemos apoyarnos del flujómetro para regular las motobombas y poder obtener la carga de agua que se desea. En este caso la carga de agua se va modificando a razón de una serie de factores que reducen o amplifican la carga de diseño ( $H_d$ ) según corresponda. Es decir que se requiere llegar a una altura correspondiente a la suma del paramento con la carga de diseño modificada por un factor.

Los valores de aquel factor de modificación de obtuvieron de los reportes hechos en las investigaciones de la U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station y otros autores que realizaron investigaciones similares. Estos factores de modificación son los siguientes: 0.50, 1.00, 1.17, 1.33 y 1.50.

También, se debe verificar que la lámina de agua no tenga turbulencias para ello se colocaron en el canal de aproximación un elemento horizontal regulable que ayuda a que el flujo no tenga ondulaciones y en la posa de disipación, unas canastillas que disminuyen las burbujas y por consiguiente contribuyen a tener una experiencia óptima.

### 7.3. Toma de datos

#### 7.3.1. Vertederos de pared delgada.

Para este tipo de vertedero se usó una Hoja de papel A3 (297 x 420 mm) con una estructura establecida que se puede apreciar en la Figura 7-4 en una escala 1:3.

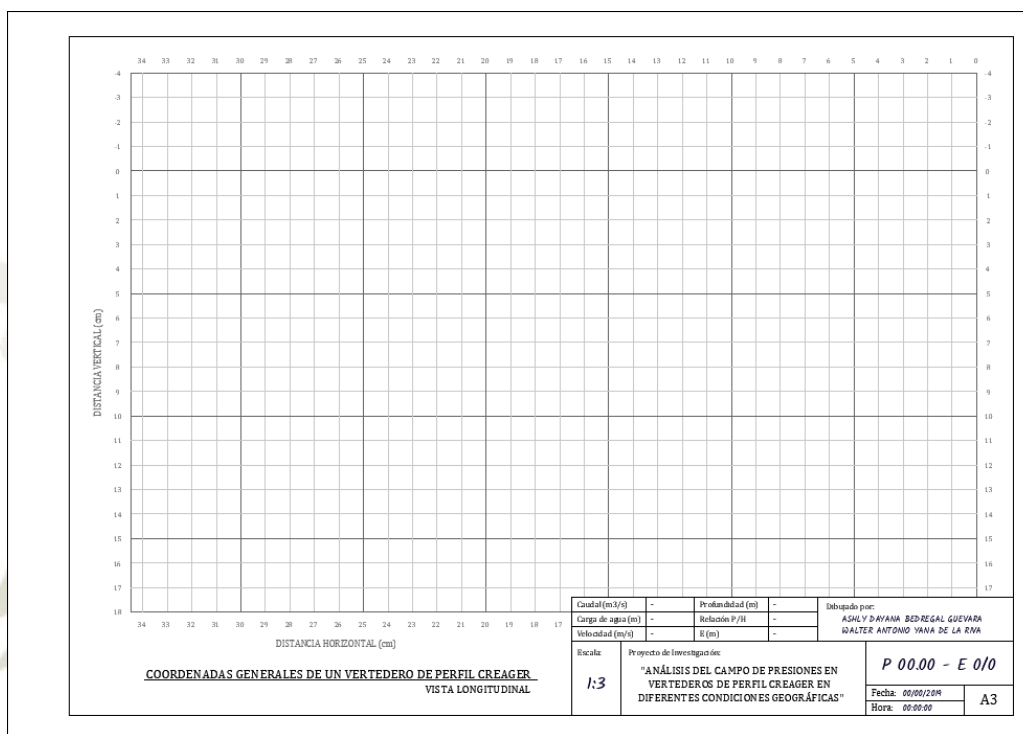


Figura 7-4. Estructura de dibujo para vertederos de pared delgada.

Fuente: Elaboración propia.

Tiene el título de Coordenadas Generales de un Vertedero de Perfil Creager, además sus ejes de coordenadas están en centímetros, donde los ejes primarios tienen un color más oscuro cada 5 cm, mientras que los ejes secundarios continúan cada 1 cm, tanto en la Distancia Horizontal (eje de las abscisas) como en la Distancia Vertical (eje de las ordenadas).

Además, se tiene un cajetín establecido, el cual se representa en la Figura 7-5 a una escala 1:1.3 para una visualización mejor.

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	-	Profundidad (m)	-	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	-	Relación P/H	-	
Velocidad (m/s)	-	E (m)	-	
Escala: <b>1:1</b>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			<b>P 00.00 - E 0/0</b>
				Fecha: 00/00/2019 Hora: 00:00:00
				<b>A3</b>

*Figura 7-5. Cajetín de la Estructura de dibujo para vertederos de pared delgada.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Tiene seis variables en sus unidades respectivas que deben definirse según el ensayo que se esté realizando: caudal, carga de agua ( $H_d$ ), velocidad, profundidad del paramento ( $P$ ), relación  $P/H_d$  y  $E$ , variable que fue definida anteriormente.

Además, para reconocer el experimento, debe completarse el código, fecha y hora en la que se realizó. El código tiene los siguientes términos  $P 00.00 - E 0/0$ , donde la primera parte " $P 00.00$ " significa la profundidad del paramento seguido de la distancia de este en centímetros con dos decimales, mientras que la segunda parte luego de un guion " $E 0/0$ " significa el número de ensayo en estudio continuado por una diagonal y el número total de ensayos para una profundidad de paramento establecida.

### 7.3.2. Vertederos de perfil Creager.

Para este tipo de experimento, se obtendrán resultados del flujómetro y del transmisor de presiones, por lo que se analizarán estos dos por separado, para luego unificarlos en la Tabla 7-3.

En el caso de los resultados obtenidos del flujómetro se tiene una tabla con muchas columnas y diversas características del flujo evaluadas, de las cuales se tomará en cuenta seis variables mostradas en la Tabla 7-1, plantilla del formato utilizado para registrar los datos obtenidos durante los experimentos.

A continuación, se explica el significado de cada uno de los encabezados en las diferentes columnas:

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
↓	↓	↓	↓	↓	↓
<i>Sample number</i>	<i>Sample time</i>	<i>Depth (m)</i>	<i>Flow (L/s)</i>	<i>Stage (m)</i>	<i>Velocity (mean) (m/s)</i>

Tabla 7-1. Plantilla de registro de datos del flujómetro.

Fuente: Elaboración propia.

donde:

- A* = número de muestra.
- B* = tiempo transcurrido de la prueba,
- C* = profundidad del flujo en *m*,
- D* = caudal del flujo en *L/s*,
- E* = carga total de agua en *m*,
- F* = velocidad media del flujo en *m/s*.

Por otra parte, para medir las presiones en la cresta del vertedero se utilizaron unos transmisores industriales de presión, y un controlador que se encargaba de traducir la información recaudada por los transmisores.

Se configuro el controlador para que los datos de salida sean expulsados en el lenguaje propio del mismo, con el fin de tener mayor precisión con los datos. El formato de salida del controlador, indica los valores de presión en las unidades de miliamperios (*mA*), pues los sensores trabajan midiendo impulsos de la intensidad de corriente, por estos dan lecturas en esas unidades.

Dichos datos se visualizan en la Tabla 7-2 y se explican a continuación.

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>I</i>
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
<i>No</i>	<i>Fecha y hora</i>	<i>S-1 [mA] (1)</i>	<i>S-3 [mA] (3)</i>	<i>S-4 [mA] (4)</i>	<i>S-5 [mA] (5)</i>	<i>S-7 [mA] (7)</i>	<i>S-8 [mA] (8)</i>	<i>S-9 [mA] (9)</i>	

Tabla 7-2. Plantilla de registro de datos del transmisor de presiones.

Fuente: Elaboración propia.

donde:

- A* = número de muestra,
- B* = tiempo transcurrido de la prueba,
- C* = intensidad de corriente en el Sensor 1 en *mA*,
- D* = intensidad de corriente en el Sensor 3 en *mA*,
- E* = intensidad de corriente en el Sensor 4 en *mA*,
- F* = intensidad de corriente en el Sensor 5 en *mA*,
- G* = intensidad de corriente en el Sensor 7 en *mA*,
- H* = intensidad de corriente en el Sensor 8 en *mA*,
- I* = intensidad de corriente en el Sensor 9 en *mA*.

## 7.4. Procesamiento de datos

### 7.4.1. Perfil de la napa de agua.

La digitalización de las gráficas elaboradas a mano en el laboratorio se realizó en primera instancia mediante un escáner, posteriormente estas imágenes se reprodujeron en un software de diseño para poder tener mayor fidelidad al realizar las comparaciones (ver Anexo D).

### 7.4.2. Campo de presiones.

Se unificaron las Tablas 7-1 y 7-2 en una final o resultante mostrada en la Tabla 7-3, para luego, explicarlo a continuación.

<i>N°</i>	<i>Hora real</i>	<i>Hora caudal</i>	<i>Depth (m)</i>	<i>Flow (L/s)</i>	<i>Stage (m)</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Hora presión</i>
1							
2							
...							
59							
60							

<i>S-1 [mA]</i>	<i>S-3 [mA]</i>	<i>S-4 [mA]</i>	<i>S-5 [mA]</i>	<i>S-7 [mA]</i>	<i>S-8 [mA]</i>	<i>S-9 [mA]</i>	<i>Observaciones</i>

Tabla 7-3. Plantilla de registro de datos del transmisor de presiones.

Fuente: Elaboración propia.

donde:

- A* = número de muestra,
- B* = tiempo transcurrido de la prueba,
- C* = tiempo transcurrido de la prueba del flujómetro,
- D* = tiempo transcurrido de la prueba del transmisor de presiones,
- E* = profundidad del flujo en *m*,
- F* = caudal del flujo en *L/s*,

- $G$  = carga total de agua en  $m$ ,  
 $H$  = velocidad media del flujo en  $m/s$ ,  
 $I$  = intensidad de corriente en el Sensor 1 en  $mA$ ,  
 $J$  = intensidad de corriente en el Sensor 3 en  $mA$ ,  
 $K$  = intensidad de corriente en el Sensor 4 en  $mA$ ,  
 $L$  = intensidad de corriente en el Sensor 5 en  $mA$ ,  
 $M$  = intensidad de corriente en el Sensor 7 en  $mA$ ,  
 $N$  = intensidad de corriente en el Sensor 8 en  $mA$ ,  
 $O$  = intensidad de corriente en el Sensor 9 en  $mA$ ,  
 $P$  = observaciones.

Luego, se realiza un muestreo estratificado (Walpole, Myers y Myers, 2012), ya que la unidad muestral, en este caso la carga de operación, no es homogénea, por lo que cada estrato o conjunto de datos intermedios debe tener una unidad muestral similar.

Además, se eligió un tamaño de muestra igual a un minuto o sesenta segundos, es decir una significativa cantidad de datos para su análisis correspondiente, realizando un proceso de estadística descriptiva para poder sintetizar los datos, se tomaron sesenta datos por prueba a partir de los cuales se sacaron diferentes valores estadísticos con el objeto de tener un valor representativo para cada condición.

Entonces, por cada estrato elegido se halló su media aritmética ( $\bar{x}$ ), varianza ( $S^2$ ), desviación estándar ( $S$ ) con las siguientes fórmulas.

La media aritmética es el valor medio al que se asemeja un conjunto de datos y se obtiene dividiendo la suma de todos los valores, por el número de datos.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (7-1)$$

donde:

- $\bar{x}$  = media aritmética,  
 $\sum x$  = sumatoria de datos,  
 $n$  = tamaño de la muestra.

La varianza es una medida de variabilidad que da cuenta del grado de homogeneidad de un grupo de observaciones.

$$S^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (7-2)$$

donde:

- $S^2$  = varianza,
- $x$  = término del conjunto de datos,
- $\bar{x}$  = media aritmética,
- $n$  = tamaño de la muestra.

La desviación estándar es un índice que muestra cuánto se diferencian una puntuación común y la media de un grupo de puntuaciones.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (7-3)$$

donde:

- $S$  = desviación estándar,
- $x$  = término del conjunto de datos,
- $\bar{x}$  = media aritmética,
- $n$  = tamaño de la muestra.

Como modo de comprobación, también se halló el coeficiente de variación (CV), el cual, se calcula a modo de desviación típica fraccionada por la media.

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \quad (7-4)$$

Este último, el coeficiente de variación de Pearson, es adimensional y se da en porcentaje, entre más se acerque al 100%, más variabilidad habrá en los datos y mientras más se acerque a cero, los datos estarán más cercanos a la media y serán más parecidos entre sí.

A nivel de laboratorio, al trabajarse con condiciones controladas, se espera que las variaciones que ocurran entre los datos no sean significativas, por lo que el coeficiente de variación debe tener un valor menor a 10% (DIGESTY, 2010).

Condición cumplida en todos los ensayos realizados en laboratorio, siendo 7.23% el valor máximo del coeficiente de variabilidad en los estratos seleccionados del flujómetro y, menor del 1.00% para los datos obtenidos del transmisor de presiones, por lo tanto, los valores que conforman la muestra presentan una variabilidad muy baja, entonces los datos a nivel de investigación se manejaron de forma correcta.

Luego, para objeto de análisis y procesamiento de datos, se tomó el promedio de los datos y para las presiones se tuvo que convertir los datos de miliamperios a milibares y metros de columna de agua, para ello se empleó las relaciones dadas por el fabricante, donde se expresa que intensidad de corriente varía de 4 mA a 20 mA que se traduce en una variabilidad de presiones desde -100 mbar hasta 100 mbar como se puede ver en las Tablas 7-4 y 7-5 (ver Anexo E).

Luego, se establecieron las relaciones entre la carga de diseño y las diversas cargas de operación presentes en cada uno de los estratos para su representación en una gráfica por diseño mediante la Ecuación 7-5 como se puede ver en la Tabla 7-6 (ver Anexo E).

$$\frac{H}{H_d} = \frac{\bar{H} - P}{H_d} \quad (7-5)$$

donde:

$\bar{H}$  = carga promedio obtenida del transmisor de presiones en  $m$ ,

$P$  = profundidad del paramento en  $m$ ,

$H_d$  = carga de diseño en  $m$ ,

$H/H_d$  = relación entre la carga de operación y la carga de diseño.

Para la obtención de resultados, se dividió la distancia a la que están ubicados los sensores y su respectiva magnitud de presión por la carga de diseño como se puede ver en la Tabla 7-7 (ver Anexo E).

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:07:48					17.00	17.40	18.86	17.21	18.19	16.81	17.48
2	17:07:49					17.02	17.42	18.86	17.19	18.21	16.83	17.47
3	17:07:50					16.99	17.41	18.85	17.21	18.20	16.80	17.48
4	17:07:51					17.02	17.40	18.86	17.20	18.20	16.80	17.47
5	17:07:52	0.34	14.62	0.37	0.09	17.01	17.41	18.85	17.19	18.21	16.82	17.48
6	17:07:53					16.99	17.43	18.85	17.20	18.20	16.81	17.49
7	17:07:54					17.00	17.40	18.86	17.20	18.19	16.81	17.48
8	17:07:55					17.02	17.42	18.86	17.19	18.22	16.83	17.48
9	17:07:56					16.99	17.41	18.85	17.21	18.20	16.81	17.48
10	17:07:57					17.03	17.40	18.86	17.20	18.19	16.83	17.46
11	17:07:58					16.99	17.41	18.85	17.20	18.21	16.82	17.48
12	17:07:59					17.02	17.40	18.86	17.20	18.20	16.80	17.47
13	17:08:00					17.00	17.42	18.85	17.19	18.22	16.83	17.48
14	17:08:01					16.99	17.42	18.85	17.20	18.20	16.80	17.48
15	17:08:02	0.34	15.04	0.37	0.09	17.03	17.41	18.86	17.20	18.19	16.83	17.46
16	17:08:03					16.99	17.41	18.85	17.21	18.21	16.80	17.49
17	17:08:04					17.02	17.41	18.86	17.19	18.21	16.81	17.47
18	17:08:05					17.00	17.43	18.85	17.20	18.22	16.83	17.48
19	17:08:06					17.02	17.41	18.86	17.21	18.20	16.80	17.48
20	17:08:07					17.03	17.41	18.85	17.20	18.21	16.84	17.46

21	17:08:08					16.98	17.41	18.85	17.20	18.20	16.80	17.49
22	17:08:09					17.02	17.41	18.86	17.20	18.20	16.83	17.47
23	17:08:10					17.00	17.42	18.85	17.20	18.22	16.80	17.48
24	17:08:11					17.03	17.41	18.86	17.20	18.18	16.81	17.46
25	17:08:12	0.34	13.77	0.37	0.08	16.98	17.43	18.85	17.19	18.20	16.82	17.48
26	17:08:13					17.02	17.40	18.86	17.21	18.20	16.82	17.47
27	17:08:14					17.00	17.42	18.84	17.19	18.21	16.82	17.47
28	17:08:15					17.00	17.39	18.85	17.21	18.20	16.81	17.48
29	17:08:16					17.01	17.43	18.86	17.19	18.21	16.83	17.48
30	17:08:17					17.01	17.40	18.85	17.21	18.20	16.80	17.48
31	17:08:18					17.01	17.40	18.85	17.20	18.22	16.83	17.47
32	17:08:19					16.99	17.42	18.85	17.20	18.19	16.81	17.49
33	17:08:20					17.02	17.42	18.85	17.19	18.22	16.84	17.46
34	17:08:21					16.99	17.40	18.85	17.20	18.21	16.80	17.48
35	17:08:22	0.34	13.51	0.37	0.08	17.02	17.43	18.85	17.19	18.21	16.83	17.46
36	17:08:23					17.01	17.39	18.85	17.20	18.21	16.80	17.48
37	17:08:24					17.01	17.41	18.84	17.20	18.21	16.83	17.48
38	17:08:25					17.00	17.42	18.85	17.20	18.19	16.80	17.47
39	17:08:26					17.02	17.39	18.85	17.21	18.20	16.82	17.46
40	17:08:27					17.00	17.43	18.85	17.20	18.21	16.81	17.48
41	17:08:28					17.01	17.40	18.85	17.20	18.20	16.82	17.47

42	17:08:29					17.01	17.43	18.84	17.19	18.21	16.84	17.48
43	17:08:30					17.00	17.42	18.84	17.19	18.19	16.81	17.48
44	17:08:31					17.01	17.40	18.85	17.20	18.21	16.83	17.47
45	17:08:32					17.00	17.44	18.84	17.20	18.21	16.81	17.49
46	17:08:33	0.34	14.78	0.37	0.09	17.02	17.39	18.85	17.21	18.20	16.83	17.48
47	17:08:34					17.00	17.43	18.85	17.19	18.21	16.83	17.48
48	17:08:35					17.00	17.42	18.85	17.21	18.20	16.82	17.48
49	17:08:36					17.02	17.41	18.85	17.21	18.20	16.82	17.48
50	17:08:37					17.01	17.41	18.85	17.19	18.22	16.81	17.48
51	17:08:38					17.00	17.41	18.84	17.20	18.20	16.82	17.46
52	17:08:39					17.02	17.42	18.85	17.22	18.20	16.82	17.48
53	17:08:40					17.00	17.41	18.84	17.19	18.21	16.82	17.48
54	17:08:41					17.01	17.40	18.85	17.19	18.22	16.81	17.48
55	17:08:42	0.34	13.86	0.37	0.08	17.00	17.41	18.85	17.20	18.20	16.81	17.46
56	17:08:43					17.01	17.42	18.84	17.21	18.19	16.81	17.47
57	17:08:44					17.02	17.41	18.84	17.21	18.20	16.81	17.48
58	17:08:45					17.00	17.42	18.84	17.19	18.20	16.81	17.48
59	17:08:46					17.01	17.41	18.85	17.19	18.21	16.81	17.48
60	17:08:47					17.01	17.40	18.85	17.19	18.22	16.80	17.48
<b>Promedio</b>		0.341	14.261	0.369	0.085	17.007	17.411	18.850	17.199	18.203	16.814	17.475
<b>Varianza</b>		0.000	0.397	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

<b>D. Estándar</b>	0.000	0.575	0.000	0.003	0.012	0.011	0.006	0.008	0.009	0.011	0.007
<b>C. Variación</b>	0.10%	4.03%	0.09%	3.98%	0.07%	0.06%	0.03%	0.04%	0.05%	0.07%	0.04%

<b>Incremento (mA)</b>	0.067	0.851	0.603	0.329	0.368	0.752	0.477
<b>Presión (mbar)</b>	0.834	10.632	7.532	4.110	4.600	9.394	5.968

Tabla 7-4. Datos del Estrato 1 cuando  $P/H_d$  es igual a 3.

Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1	S-3	S-4	S-5	S-7	S-8	S-9
					[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]
ESTRATO 1	0.341	14.261	0.369	0.085	0.008	0.106	0.075	0.041	0.046	0.094	0.060
ESTRATO 2	0.330	9.958	0.358	0.061	0.007	0.104	0.070	0.038	0.050	0.086	0.054
ESTRATO 3	0.373	26.459	0.401	0.144	-0.004	0.108	0.062	0.038	0.059	0.119	0.064
ESTRATO 4	0.403	41.958	0.431	0.213	-0.007	0.097	0.042	0.021	0.047	0.136	0.057
ESTRATO 5	0.427	58.839	0.455	0.283	-0.017	0.072	0.022	0.004	0.032	0.152	0.051
ESTRATO 6	0.437	63.684	0.465	0.300	-0.025	0.066	0.010	-0.007	0.021	0.155	0.041
ESTRATO 7	0.440	68.017	0.468	0.318	-0.026	0.057	0.004	-0.015	0.021	0.154	0.036
ESTRATO 8	0.469	90.714	0.497	0.400	-0.048	0.012	-0.046	-0.063	-0.025	0.164	0.001

Tabla 7-5. Resumen de datos obtenidos del flujómetro y transmisor de presiones cuando  $P/H_d$  es igual a 3.

Fuente: Elaboración propia.

Descripción	H (m)	H/H <sub>d</sub>	Flow (L/s)	Stage (m)	S-1 [mca]	S-3 [mca]	S-4 [mca]	S-5 [mca]	S-7 [mca]	S-8 [mca]	S-9 [mca]
ESTRATO 2	0.058	0.579	9.958	0.358	0.007	0.104	0.070	0.038	0.050	0.086	0.054
ESTRATO 1	0.069	0.692	14.261	0.369	0.008	0.106	0.075	0.041	0.046	0.094	0.060
ESTRATO 3	0.101	1.011	26.459	0.401	0.004	0.108	0.062	0.038	0.059	0.119	0.064
ESTRATO 4	0.131	1.310	41.958	0.431	-0.007	0.097	0.042	0.021	0.047	0.136	0.057
ESTRATO 5	0.155	1.552	58.839	0.455	-0.017	0.072	0.022	0.004	0.032	0.152	0.051
ESTRATO 6	0.165	1.648	63.684	0.465	-0.025	0.066	0.010	-0.007	0.021	0.155	0.041
ESTRATO 7	0.168	1.675	68.017	0.468	-0.026	0.057	0.004	-0.015	0.021	0.154	0.036
ESTRATO 8	0.197	1.966	90.714	0.497	-0.048	0.012	-0.046	-0.063	-0.025	0.164	0.001

*Tabla 7-6. Relación ascendente de  $H/H_d$  cuando  $P/H_d$  es igual a 3.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Eje X	
x/Hd	x
-0.42	-0.042
-0.19	-0.019
-0.01	-0.001
0.00	0.000
0.01	0.001
0.18	0.018
1.19	0.119

S - 8
S - 9
S - 7
S - 5
S - 3
S - 4
S - 1

Eje y								
y/Hd								
D - 2	D - 1	D - 3	D - 4	D - 5	D - 6	D - 7	D - 8	
0.579	0.692	1.011	1.310	1.552	1.648	1.675	1.966	
0.856	0.939	1.188	1.364	1.519	1.548	1.543	1.637	
0.544	0.597	0.641	0.567	0.515	0.414	0.358	0.010	
0.501	0.460	0.593	0.469	0.317	0.214	0.215	-0.252	
0.383	0.411	0.377	0.214	0.042	-0.074	-0.152	-0.631	
1.039	1.063	1.075	0.972	0.725	0.663	0.575	0.116	
0.705	0.753	0.621	0.417	0.218	0.095	0.039	-0.461	
0.070	0.083	0.036	-0.069	-0.174	-0.248	-0.264	-0.483	

Tabla 7-7. Datos finales de  $x/H_d$  y  $h_p/H_d$  cuando  $P/H_d$  es igual a 3.

Fuente: Elaboración propia.

## 7.5. Resultados

### 7.5.1. Perfil de la napa inferior del flujo.

Después de haber graficado la napa inferior de los seis vertederos de pared delgada con una relación de  $P/H_d$  aproximada a los diseños teóricos, se examinó sus características verdaderas con la que discurrió el flujo para poder corregir los diseños teóricos para su comparación próxima.

- Para  $P/H_d \approx 3.00$ .

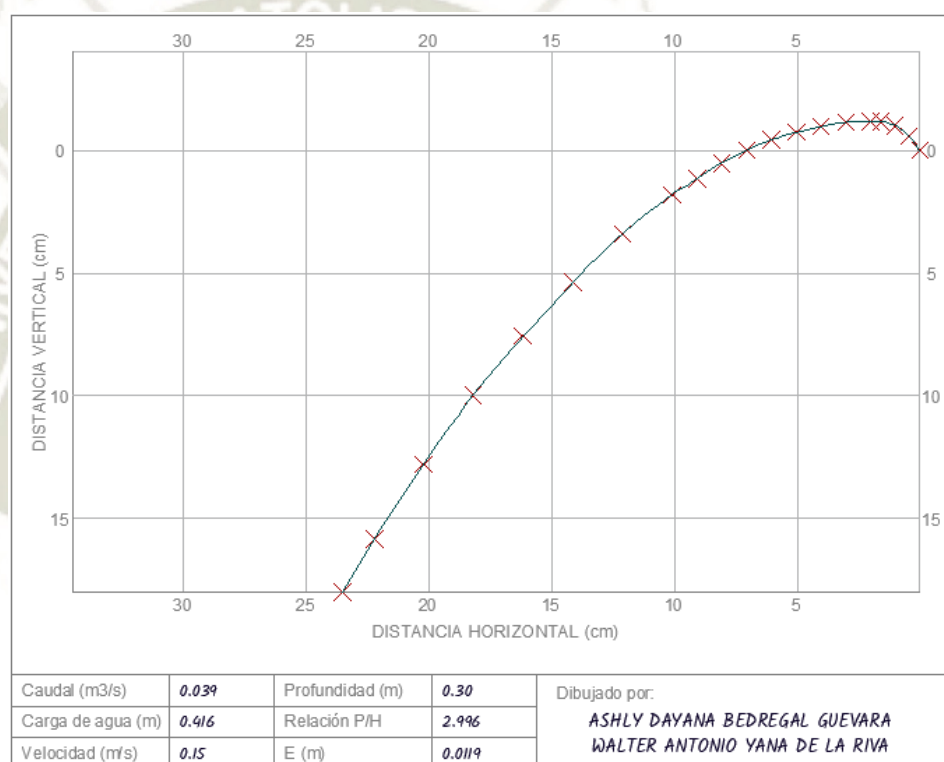


Gráfico 7-1. Perfil de la napa inferior para  $P/H_d \approx 3.00$ .

Fuente: Elaboración propia.

Caudal  $Q = 0.039 \text{ m}^3/\text{s}$

Carga de agua  $H = 0.416 \text{ m}$

Velocidad  $V = 0.15 \text{ m/s}$

Profundidad  $P = 0.30 \text{ m}$

Relación  $P/H$   $P/H_d = 2.996$

E  $E = 0.0119 \text{ m}$

- Para  $P/H_d \approx 2.50$ .

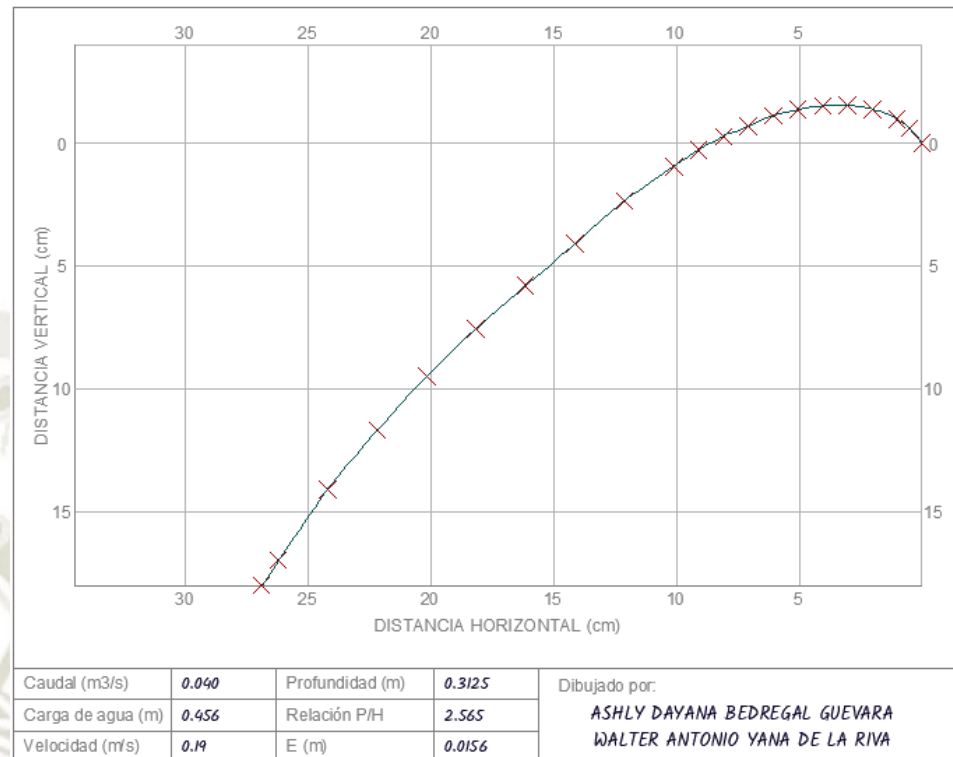


Gráfico 7-2. Perfil de la napa inferior para  $P/H_d \approx 2.50$ .

Fuente: Elaboración propia.

Caudal	$Q = 0.040 \text{ m}^3/\text{s}$
Carga de agua	$H = 0.456 \text{ m}$
Velocidad	$V = 0.19 \text{ m/s}$
Profundidad	$P = 0.3125 \text{ mm}$
Relación $P/H$	$P/H_d = 2.565$
E	$E = 0.0156 \text{ m}$

- Para  $P/H_d \approx 2.00$ .

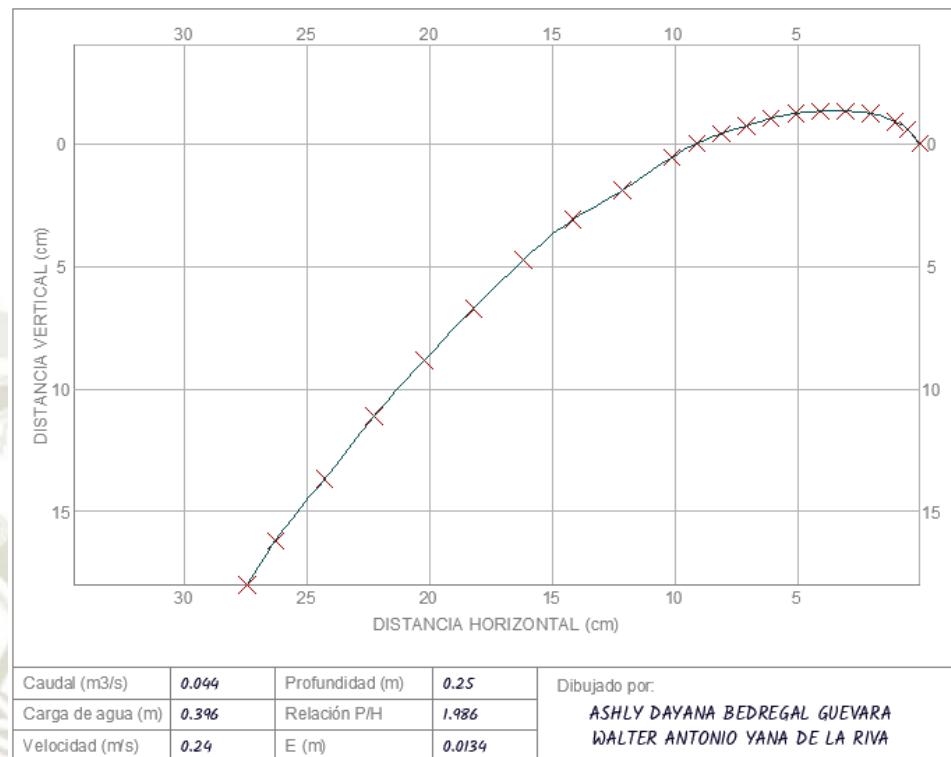


Gráfico 7-3. Perfil de la napa inferior para  $P/H_d \approx 2.00$ .

Fuente: Elaboración propia.

Caudal	$Q = 0.044 \text{ m}^3/\text{s}$
Carga de agua	$H = 0.396 \text{ m}$
Velocidad	$V = 0.24 \text{ m/s}$
Profundidad	$P = 0.25 \text{ m}$
Relación $P/H$	$P/H_d = 1.986$
E	$E = 0.0134$

- Para  $P/H_d \approx 1.50$ .

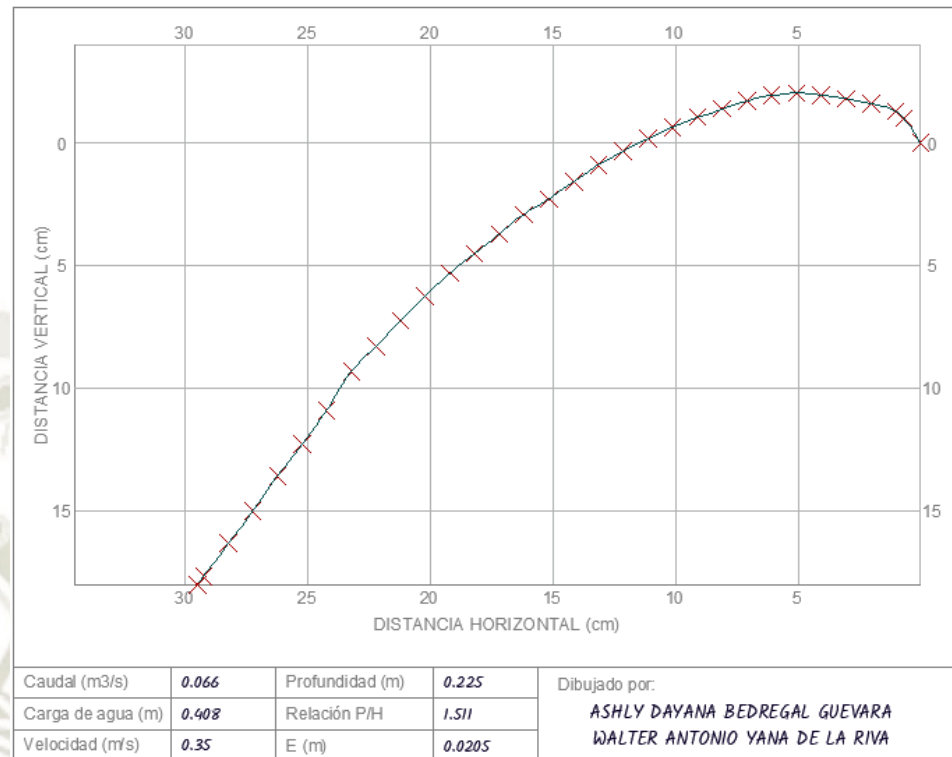


Gráfico 7-4. Perfil de la napa inferior para  $P/H_d \approx 1.50$ .

Fuente: Elaboración propia.

Caudal	$Q = 0.066$
Carga de agua	$H = 0.408 \text{ m}$
Velocidad	$V = 0.35 \text{ m/s}$
Profundidad	$P = 0.225 \text{ m}$
Relación $P/H$	$P/H_d = 1.511$
E	$E = 0.0205 \text{ m}$

- Para  $P/H_d \approx 1.00$ .

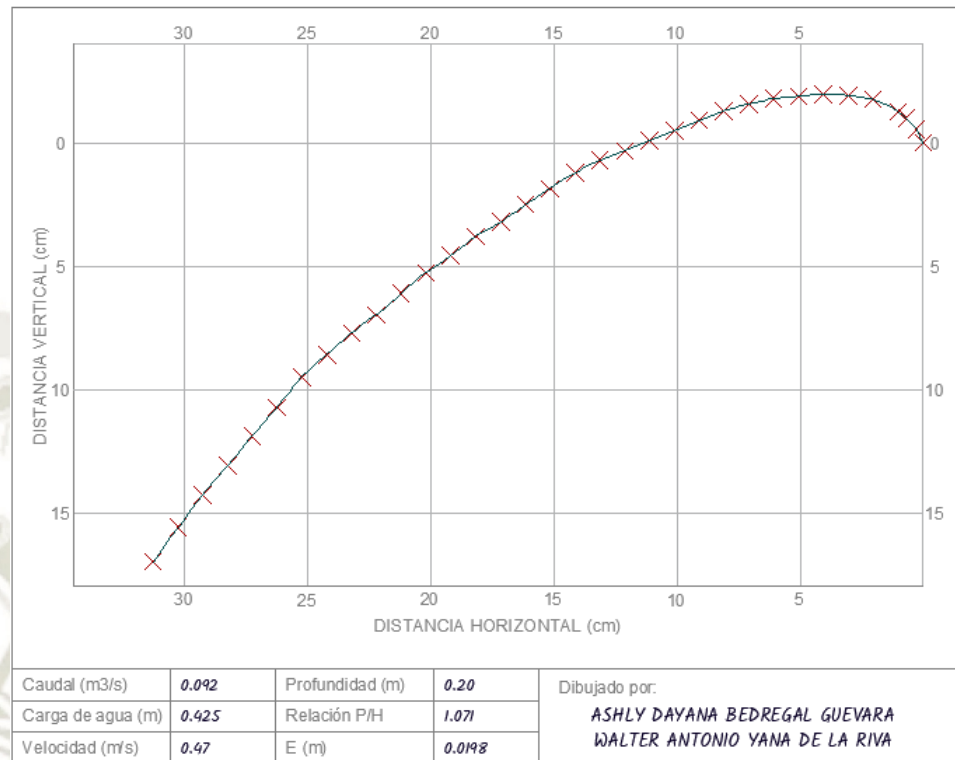


Gráfico 7-5. Perfil de la napa inferior para  $P/H_d \approx 1.00$ .

Fuente: Elaboración propia.

Caudal	$Q = 0.092 \text{ m}^3/\text{s}$
Carga de agua	$H = 0.425$
Velocidad	$V = 0.47 \text{ m/s}$
Profundidad	$P = 0.20 \text{ m}$
Relación $P/H$	$P/H_d = 1.071$
E	$E = 0.0198 \text{ m}$

- Para  $P/H_d \approx 0.50$ .

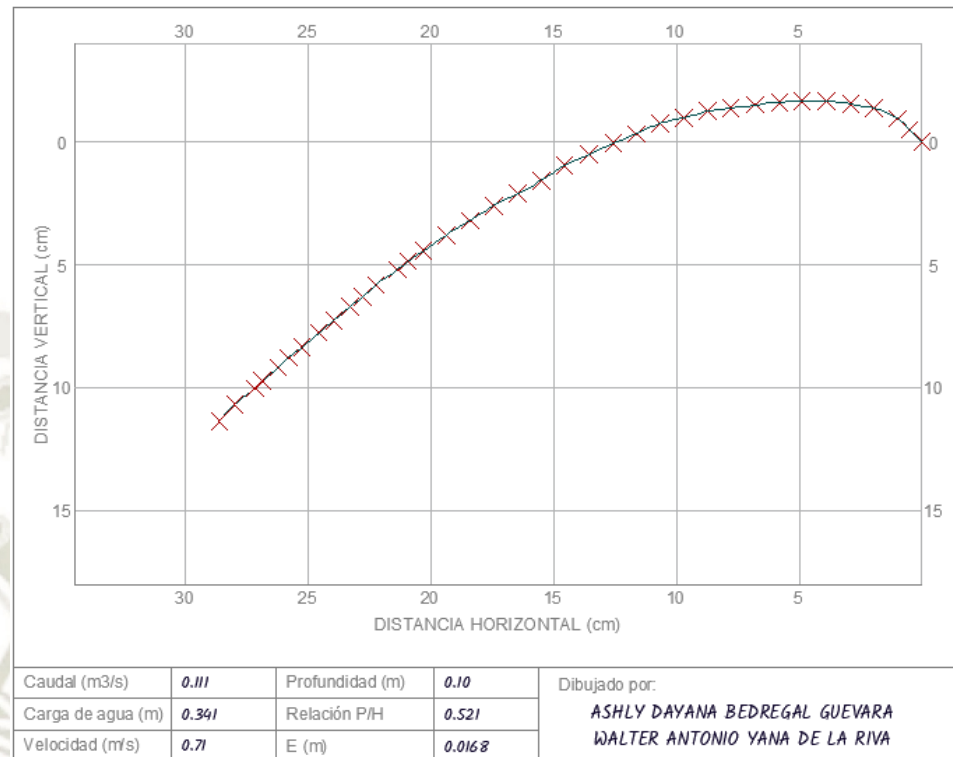


Gráfico 7-6. Perfil de la napa inferior para  $P/H_d \approx 0.50$ .

Fuente: Elaboración propia.

Caudal	$Q = 0.111 \text{ m}^3/\text{s}$
Carga de agua	$H = 0.341 \text{ m}$
Velocidad	$V = 0.71 \text{ m/s}$
Profundidad	$P = 0.10 \text{ m}$
Relación $P/H$	$P/H_d = 0.521$
E	$E = 0.0168 \text{ m}$

### 7.5.2. Campo de presiones.

Se representaron los resultados en los siguientes gráficos, en los que los valores de las líneas de color representan a la relación de la carga de operación por la carga de diseño ( $H/H_d$ ).

- Para  $P/H_d = 3.00$ .

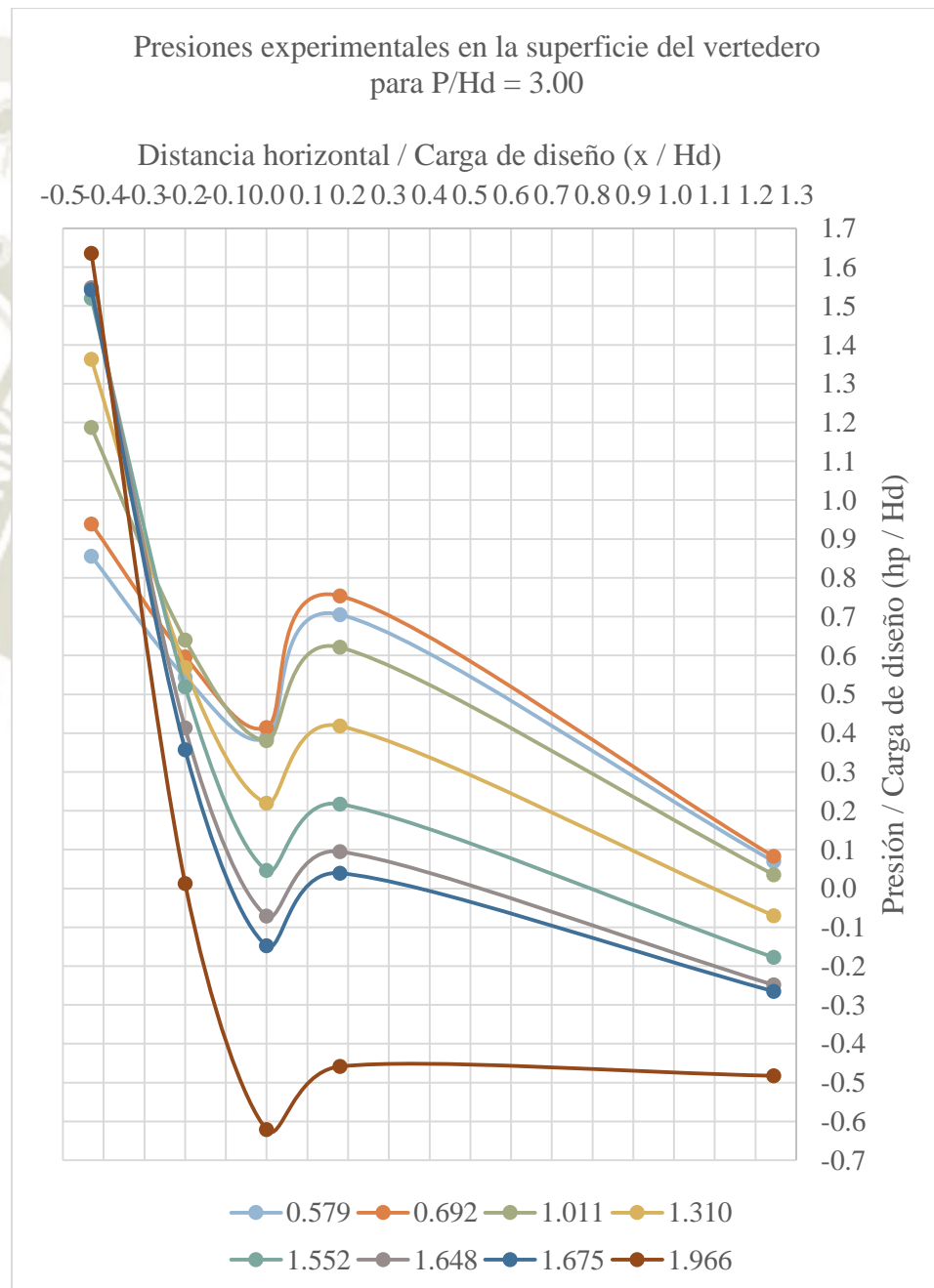


Gráfico 7-7. Presiones experimentales para  $P/H_d = 3.00$ .

Fuente: Elaboración propia.

- Para  $P/H_d = 2.50$ .

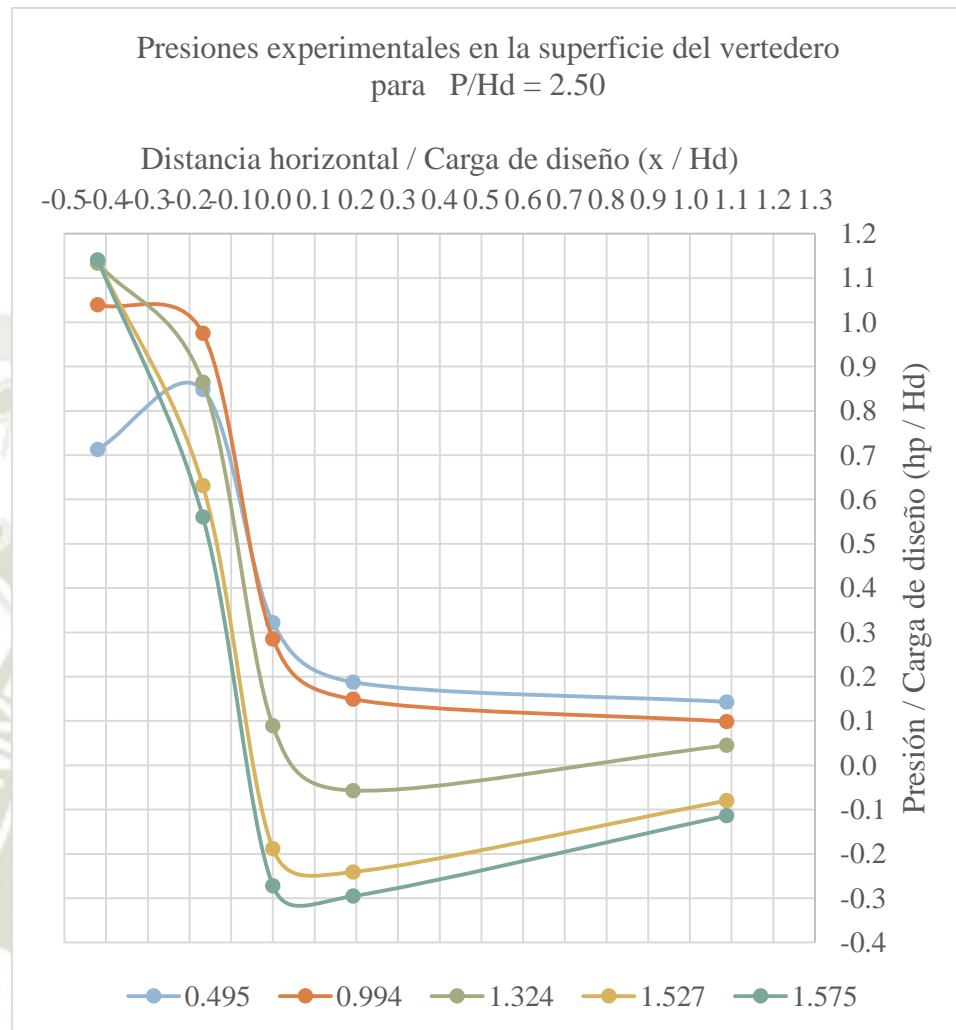


Gráfico 7-8. Presiones experimentales para  $P/H_d = 2.50$ .

Fuente: Elaboración propia.

- Para  $P/H_d = 2.00$ .

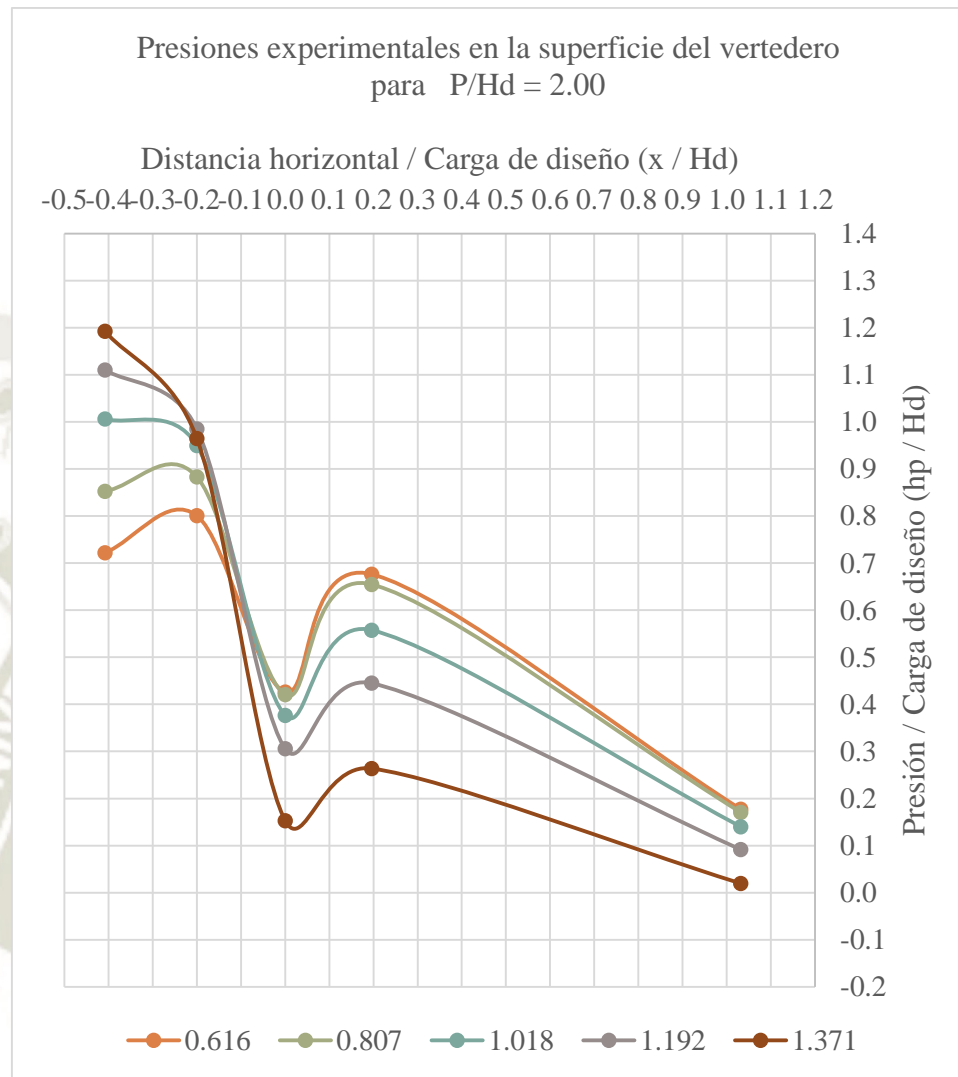


Gráfico 7-9. Presiones experimentales para  $P/H_d = 2.00$ .

Fuente: Elaboración propia.

- Para  $P/H_d = 1.50$ .

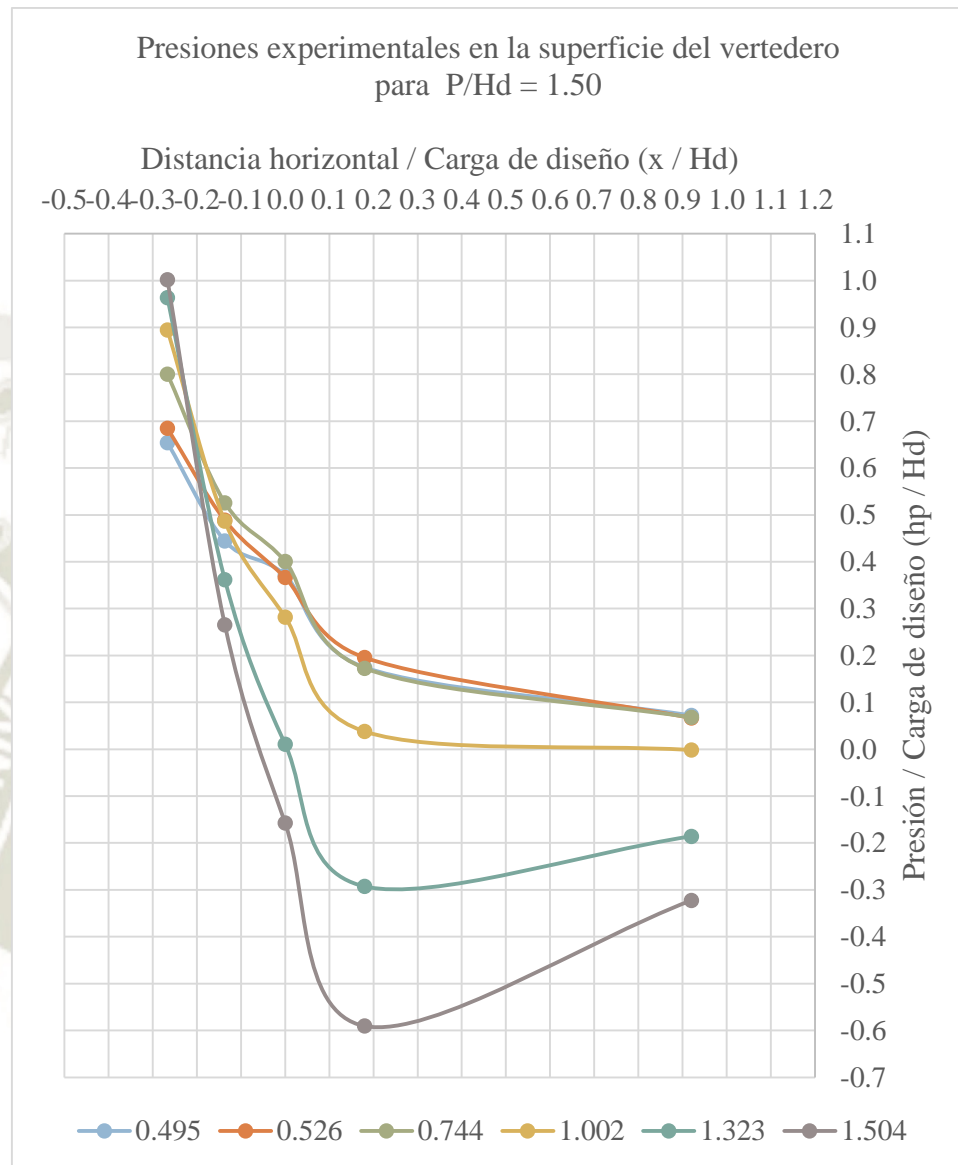


Gráfico 7-10. Presiones experimentales para  $P/H_d = 1.50$ .

Fuente: Elaboración propia.

- Para  $P/H_d = 1.00$ .

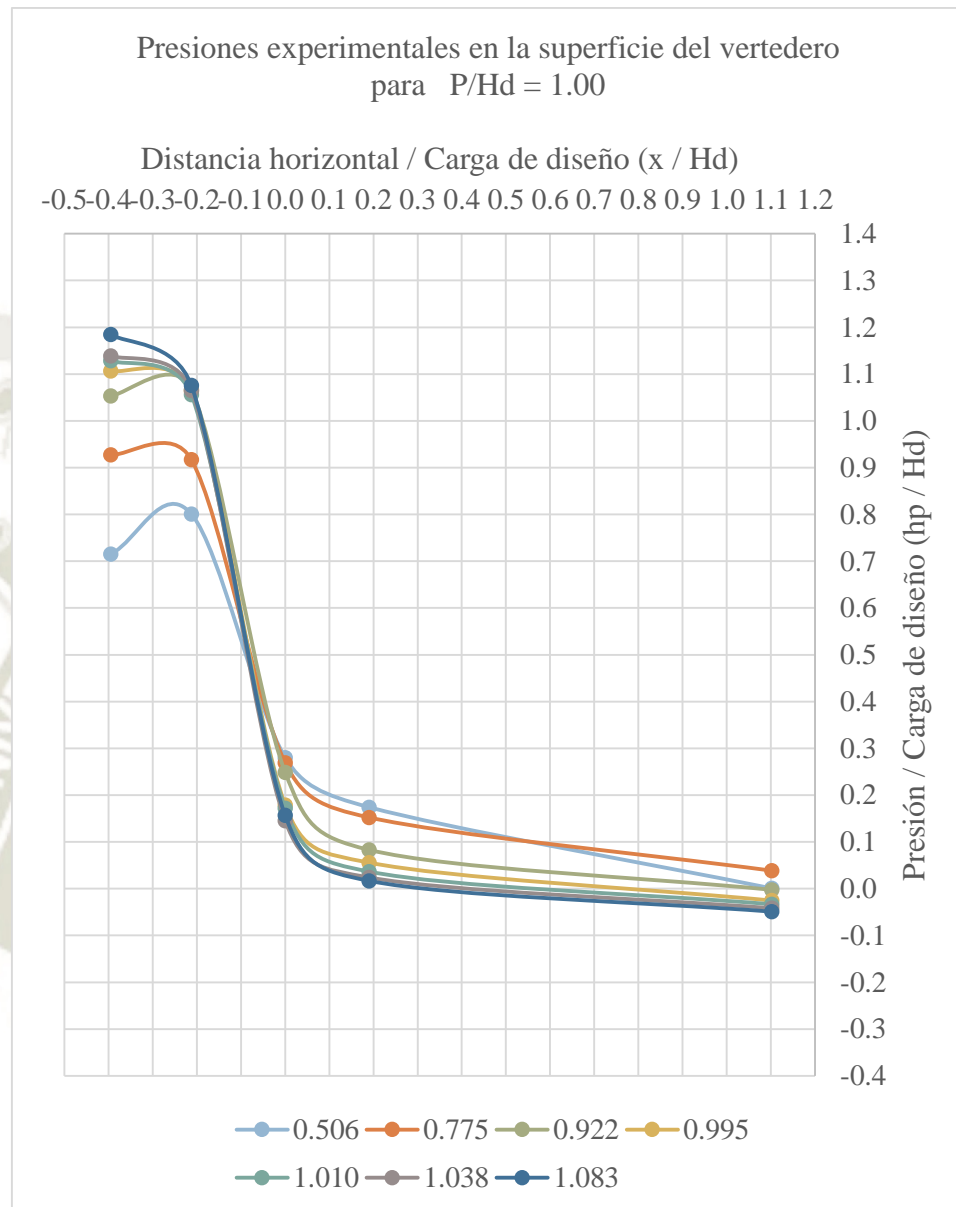


Gráfico 7-11. Presiones experimentales para  $P/H_d = 1.00$ .

Fuente: Elaboración propia.

- Para  $P/H_d = 0.50$ .

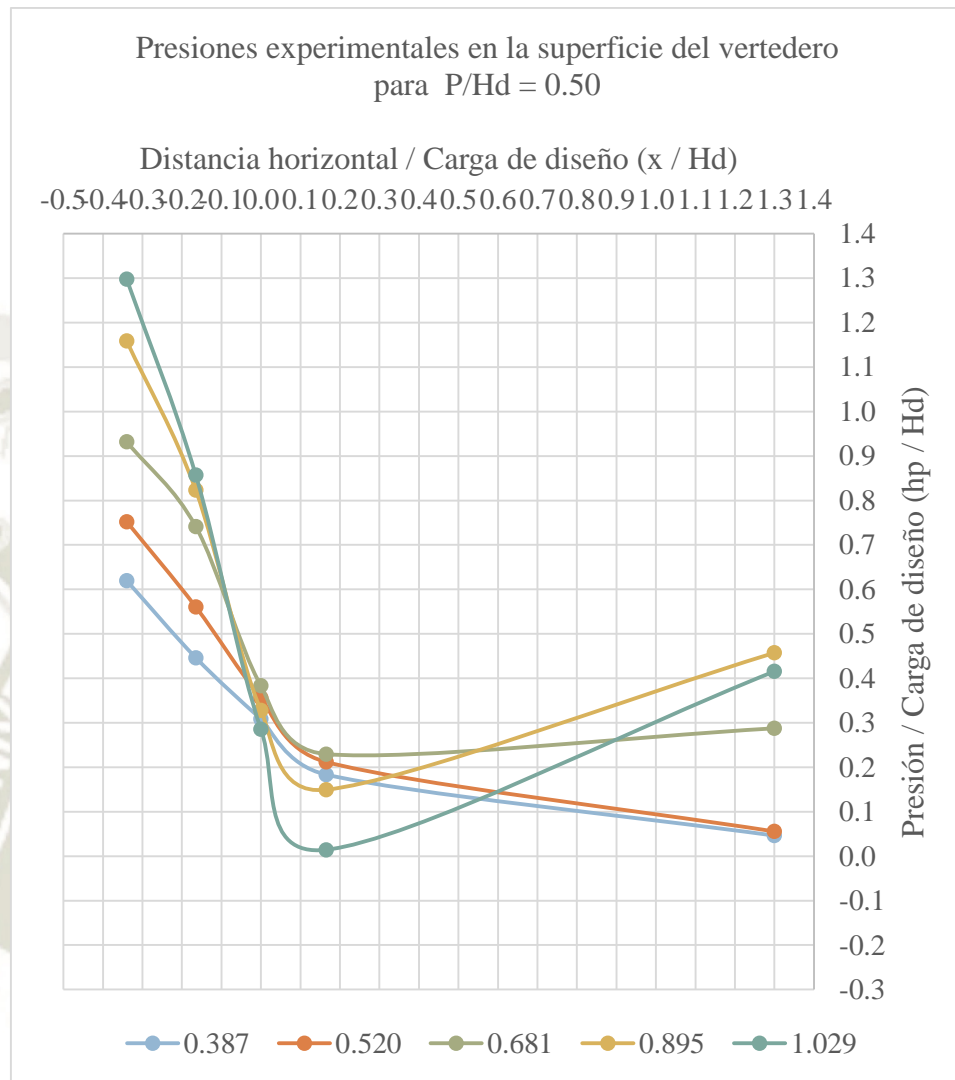


Gráfico 7-12. Presiones experimentales para  $P/H_d = 0.50$ .

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO 8. Comparación teórica - experimental

### 8.1. Comparación cualitativa

#### 8.1.1. Generalidades.

En el Capítulo 6 se realizó el cálculo correspondiente para obtener la silueta de seis vertederos de perfil Creager para diferentes cargas de diseño, las cuales se plasmaron en ilustraciones explicativas con sus respectivas coordenadas.

En el Capítulo 7 se realizaron gráficas que reflejan el comportamiento real del flujo al pasar sobre diversos vertederos de pared delgada, para cargas similares a las de diseño establecidas.

Por consiguiente, compararemos las gráficas mencionadas, obtenidas de forma matemática y experimental, debido a que el diseño del perfil de vertederos de cimacio se ajusta perfectamente a la napa inferior de un flujo que pasar por un vertedero de pared delgada. En otras palabras, las gráficas no deberían diferir una de otra, caso contrario, se presumirá una diferencia de presión.

#### 8.1.2. Gráficas comparativas.

Es importante mencionar que el perfil de la napa inferior que discurre aguas abajo de un vertedero de pared delgada, no puede ser comparado con las coordenadas de diseño de la superficie del vertedero de perfil Creager en cuanto a profundidad se refiere, ya que cuando el agua supera el vertedero de pared delgada se produce un incremento en el umbral, comparado con el vertedero de perfil Creager.

Frente a eso se realizó la corrección necesaria a las características del flujo en los diseños para conservar la relación entre la profundidad y la carga de diseño ( $P/H_d$ ) de los resultados experimentales. En ese sentido tenemos las siguientes graficas comparativas para realizar nuestro análisis y comparación.

De las gráficas siguientes, observaremos los dos primeros gráficos, pertenecientes a las relaciones  $P/H_d$  igual a 3.00 y 2.50, de estas podemos decir que nuevamente el perfil del cimacio se empieza a separar de la napa vertiente del vertedero de

pared delgada. Esto indica que sobre la cresta de estos vertederos se presentaron presiones positivas.

A pesar de ello, para las dos relaciones que siguen (2.00 y 1.50), se puede apreciar que ambos perfiles están muy cerca de coincidir, por lo que se podría esperar presiones muy bajas cercanas a cero.

En particular en el caso de la relación de 1.50, donde se aprecia que toda la cresta del vertedero es superada por la napa de agua, entonces podríamos deducir que en ese vertedero tendremos presiones negativas en la cresta.

Para terminar con este análisis cualitativo, se puede observar que para los primeros valores de  $P/H_a$ , es decir los valores de 1.00 y 0.50, los dos perfiles difieren mucho entre sí, siendo el perfil del cimacio superior al conformado por la napa inferior. Por lo que podríamos esperar que las presiones en este vertedero sean positivas, excepto en las zonas que en la gráfica se detallaron con color rojo, ya que en esos puntos el perfil de la napa logra superar al perfil del cimacio, lo que podría significar un vacío en este último, y por consiguiente una presión de succión.

- Para  $P/H_d = 2.996$ .

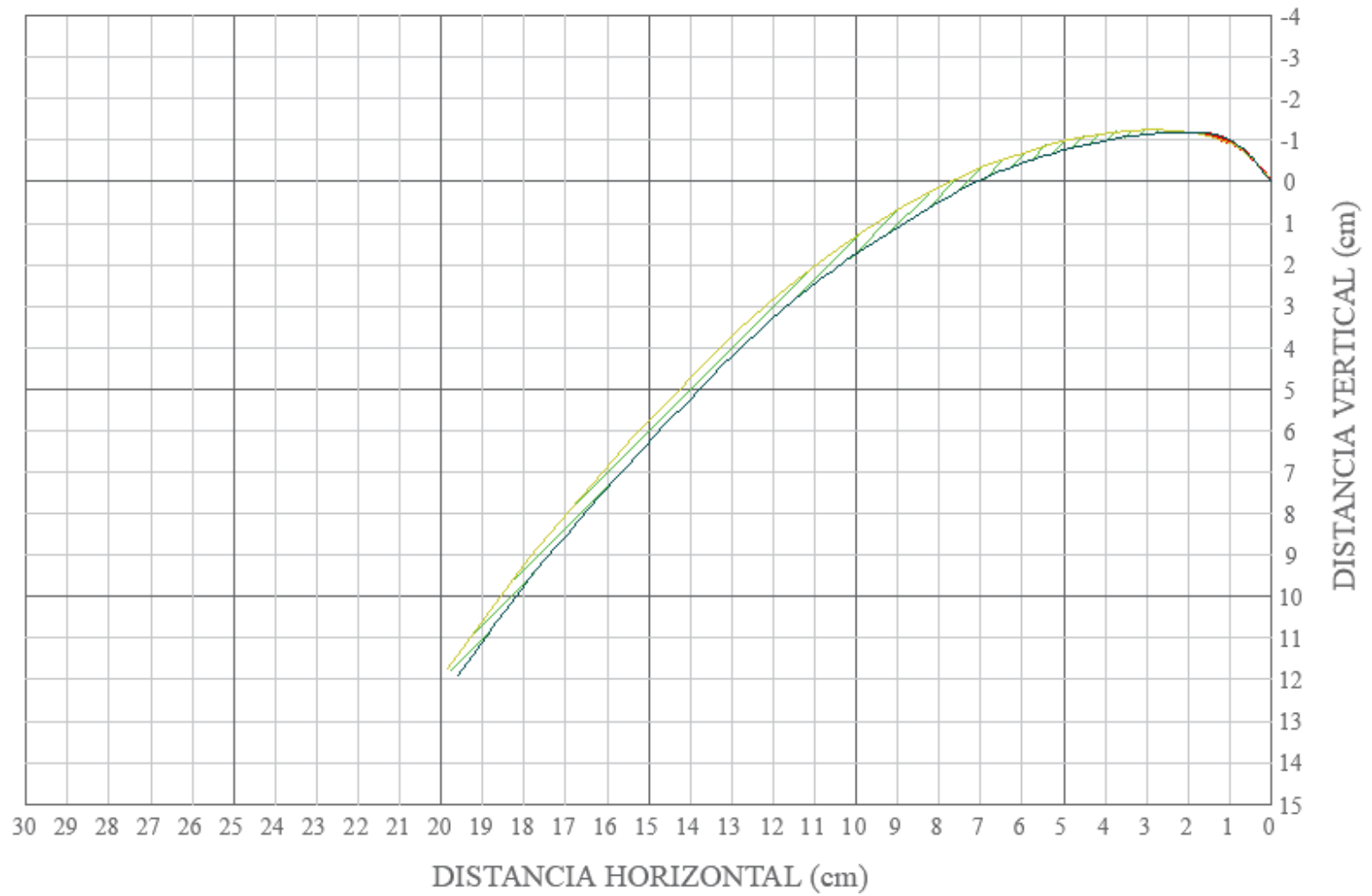


Gráfico 8-1. Comparación de perfiles para  $P/H_d=3.00$

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 2.565$ .

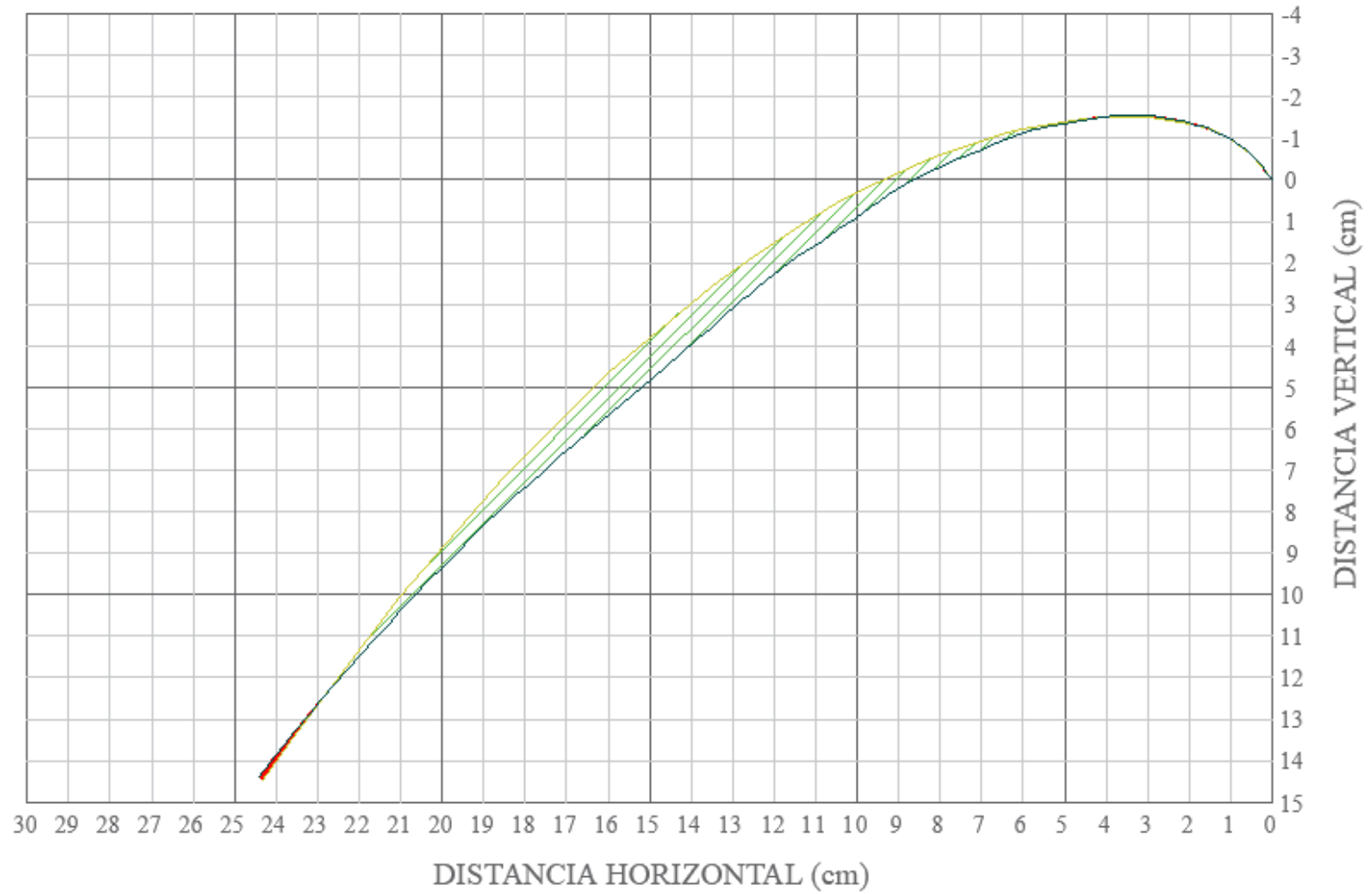


Gráfico 8-2. Comparación de perfiles para  $P/H_d=2.50$

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 1.986$ .

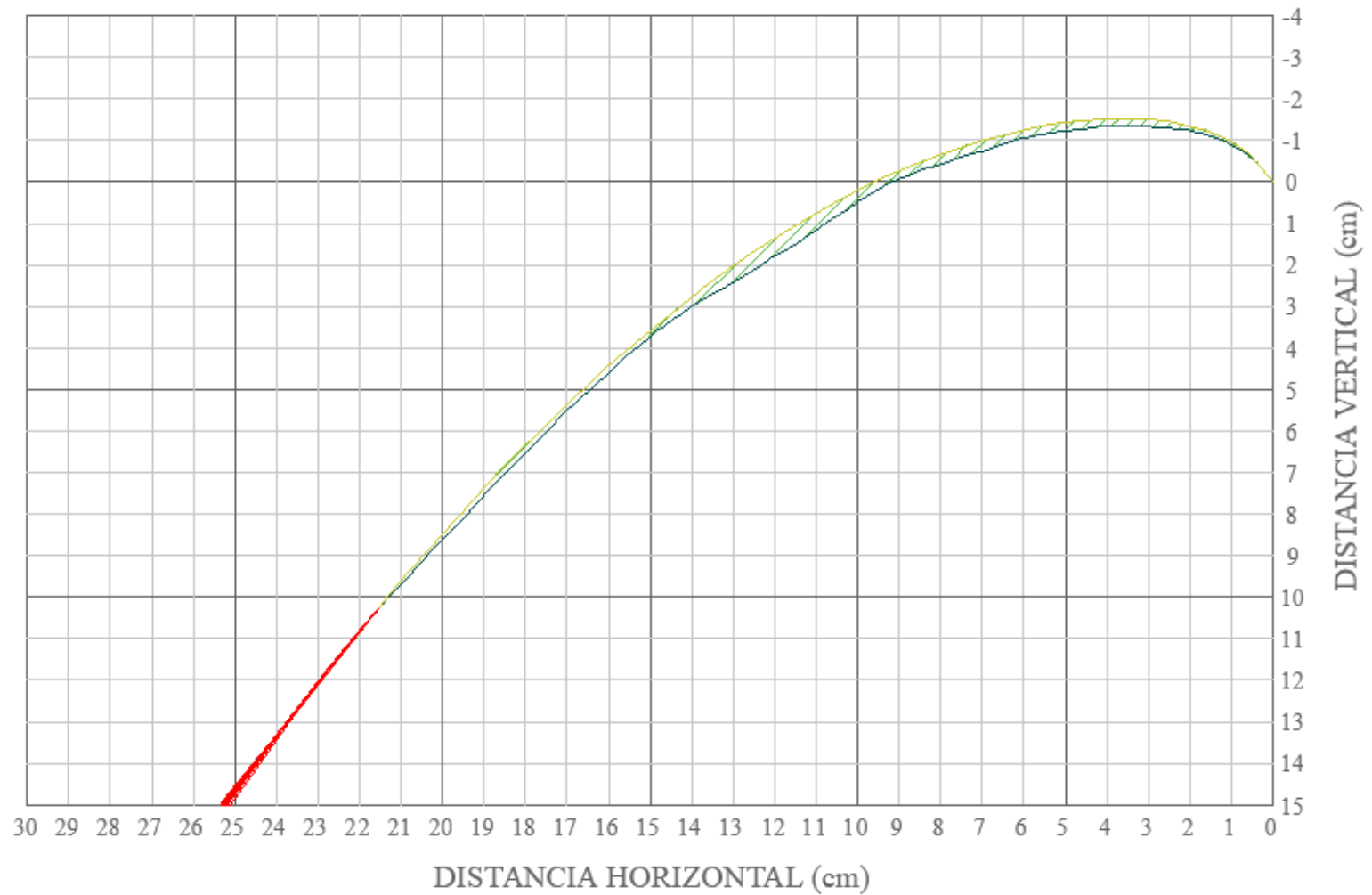


Gráfico 8-3. Comparación de perfiles para  $P/H_d=2.00$

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 1.511$ .

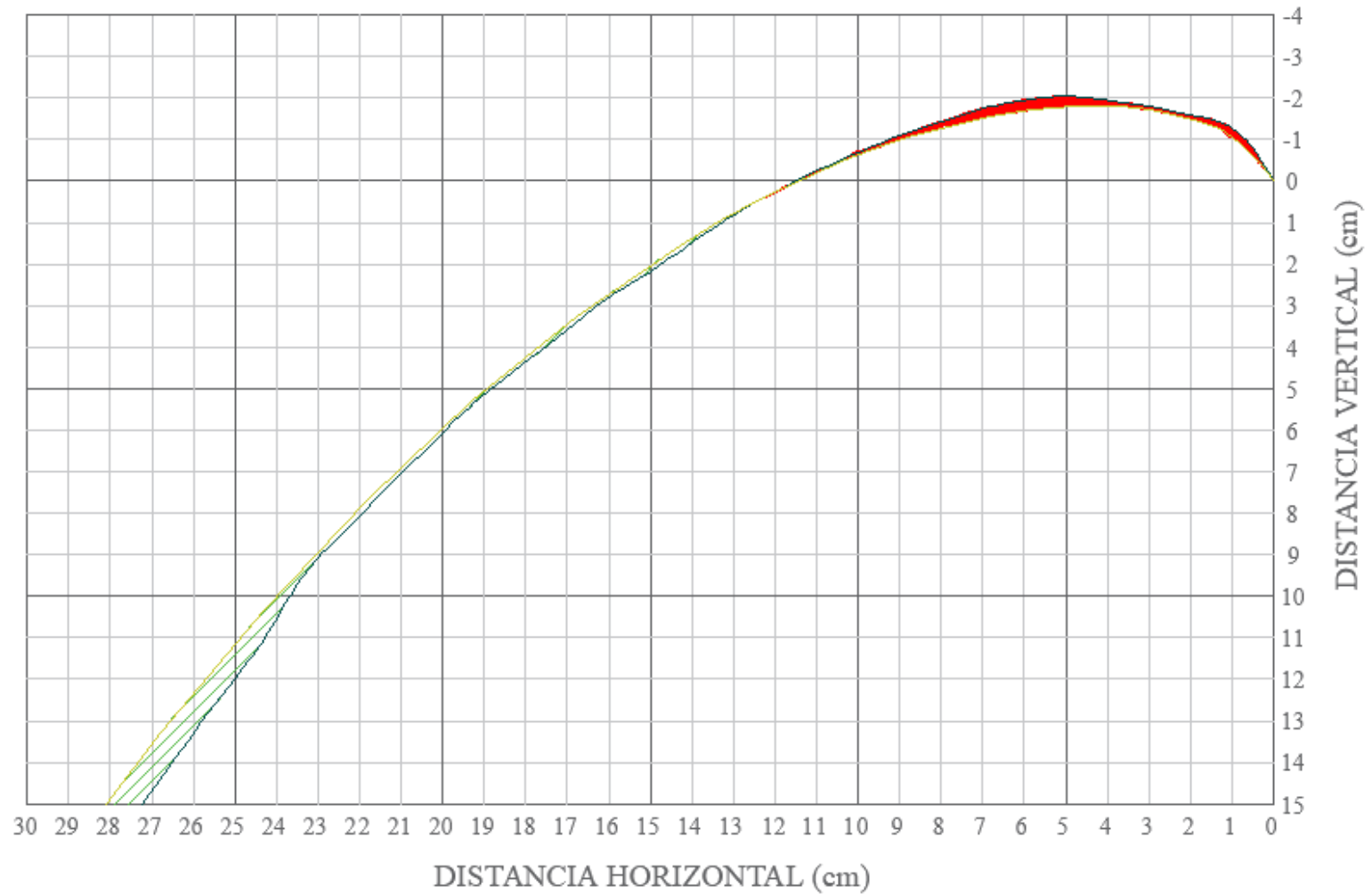


Gráfico 8-4. Comparación de perfiles para  $P/H_d=1.50$

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 1.071$ .

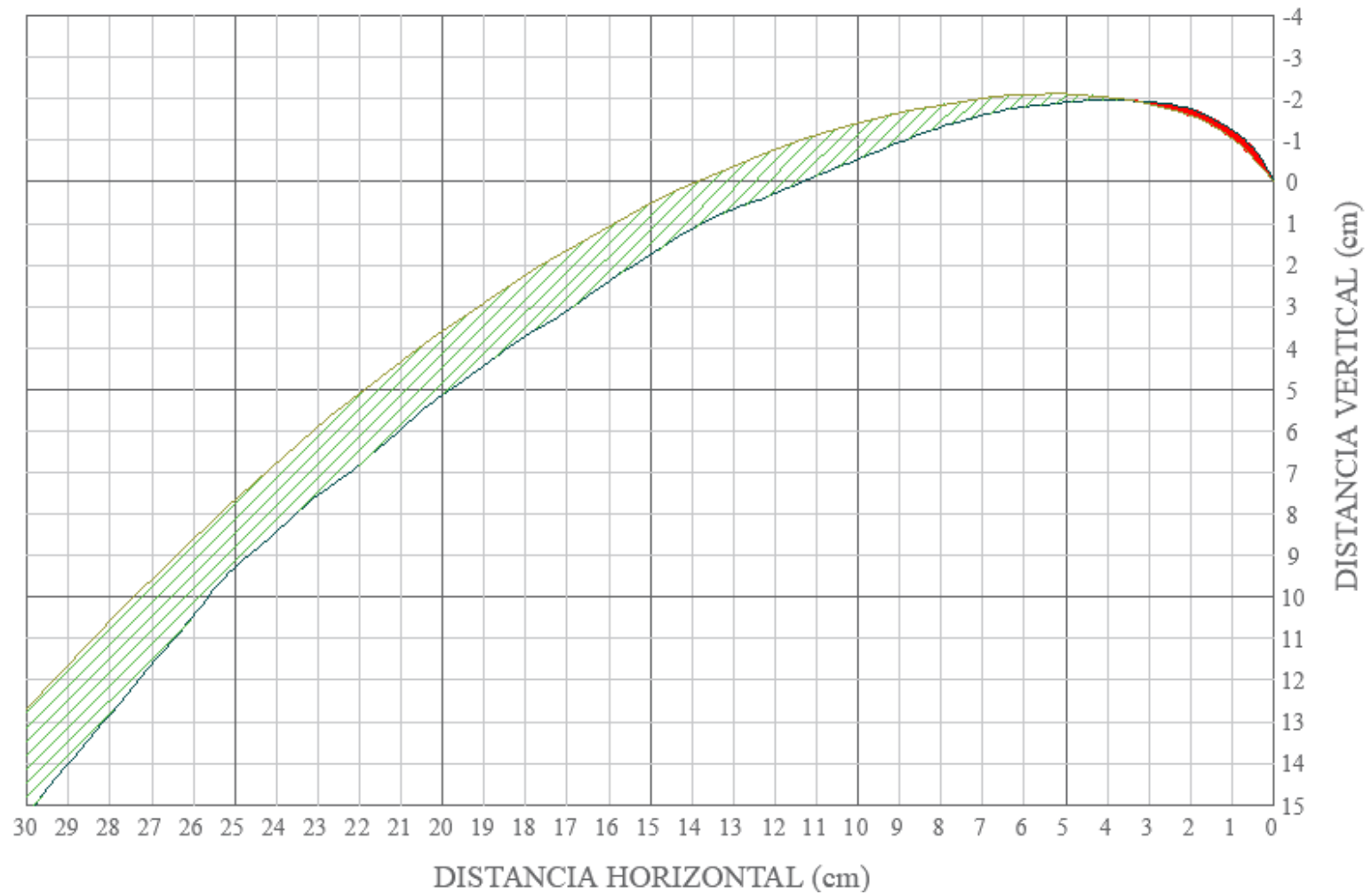


Gráfico 8-5. Comparación de perfiles para  $P/H_d=1.00$

Fuente: *Elaboración Propia.*

- Para  $P/H_d = 0.521$ .

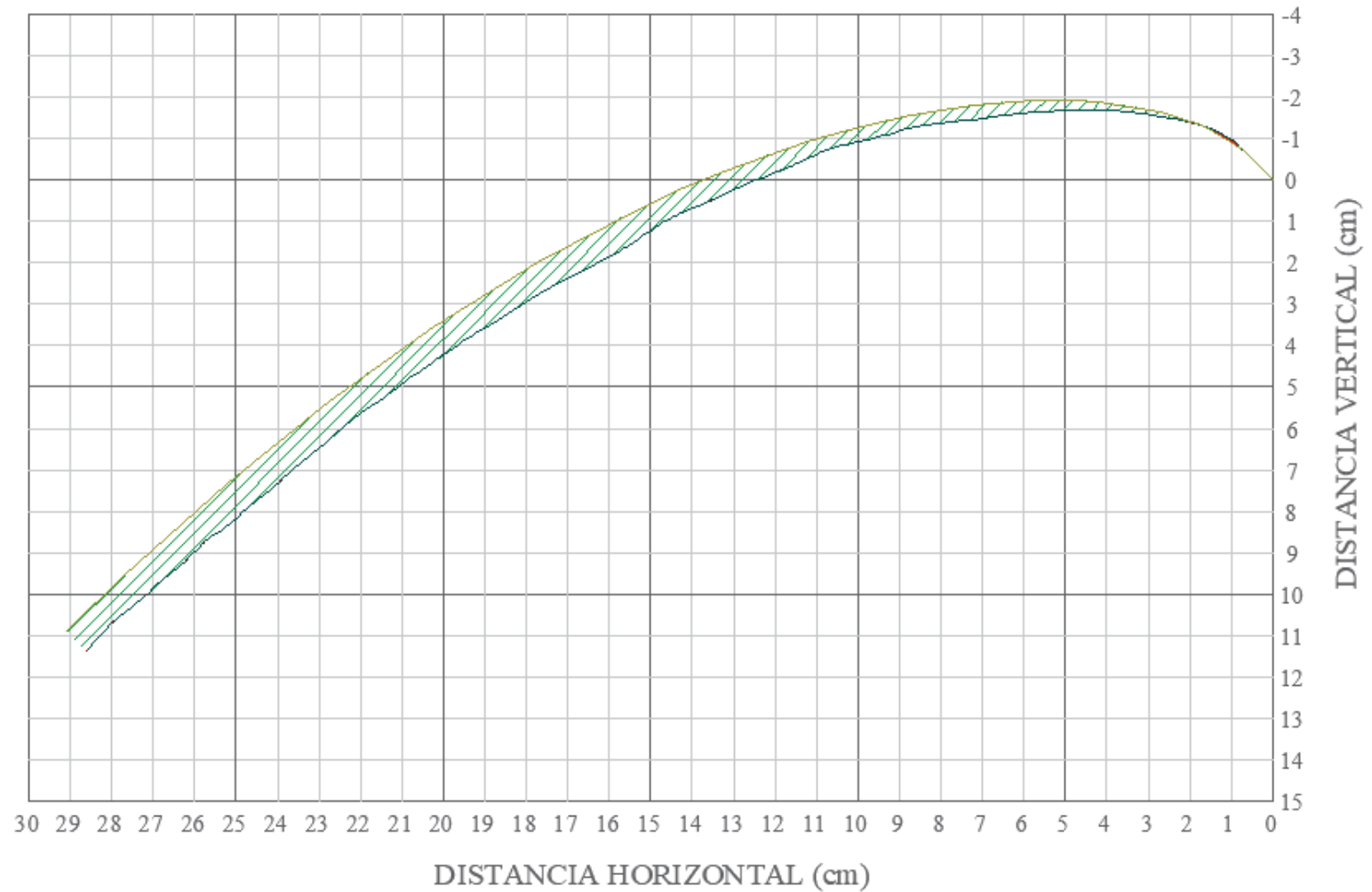


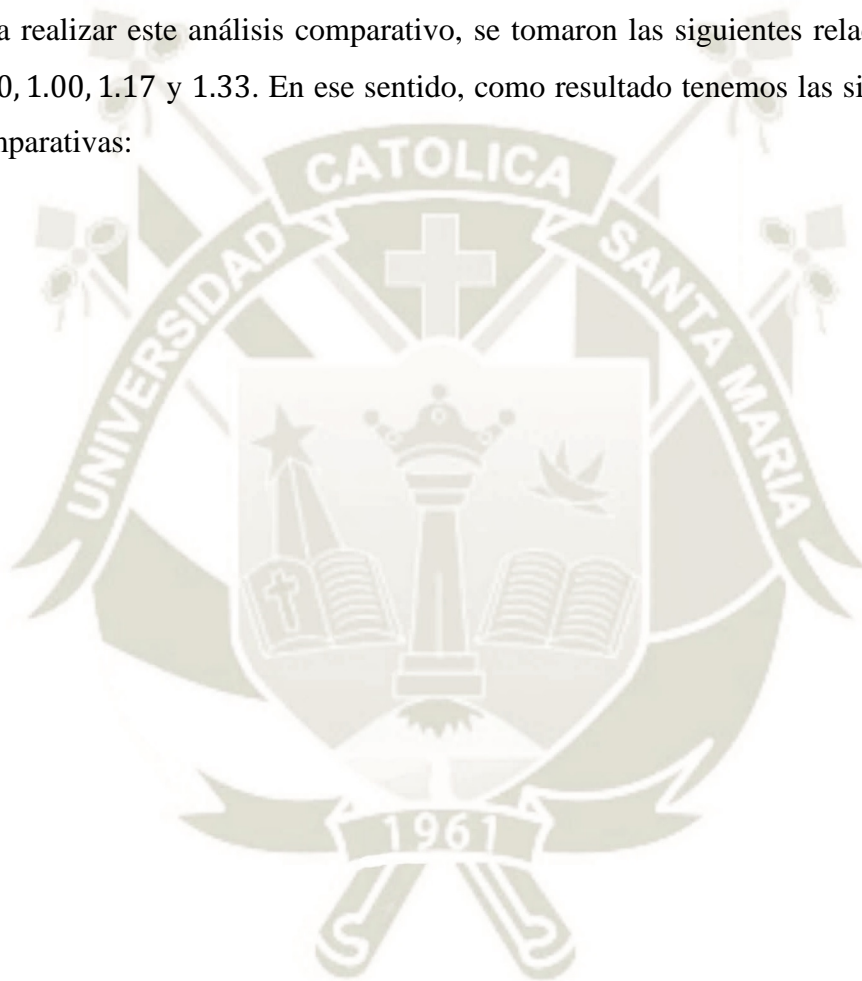
Gráfico 8-6. Comparación de perfiles para  $P/H_d=0.50$

Fuente: Elaboración Propia.

## 8.2. Campo de presiones

En cuanto al campo de presiones, para realizar una comparación, debido a que no teníamos valores tan exactos de  $H/H_d$  como los que se consignaron en los reportes de la U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, se realizaron interpolaciones de nuestras curvas a modo de tener una comparación exacta con los resultados obtenidos por esta entidad.

Para realizar este análisis comparativo, se tomaron las siguientes relaciones de  $H/H_d$ : 0.50, 1.00, 1.17 y 1.33. En ese sentido, como resultado tenemos las siguientes graficas comparativas:



- Para  $P/H_d = 3.00$ .

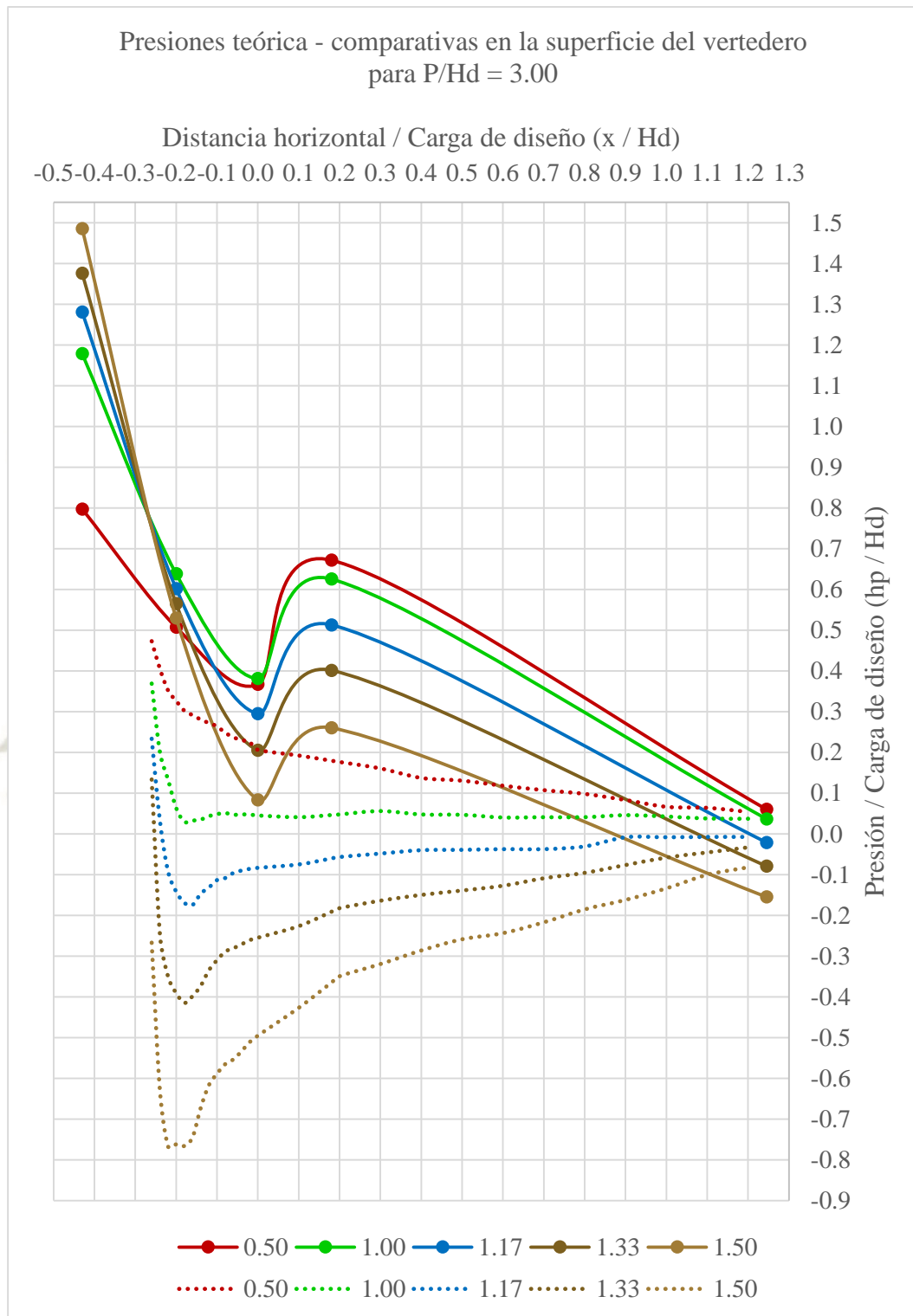


Gráfico 8-7. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio  
para  $P/H_d = 3.00$ .

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 2.50$ .

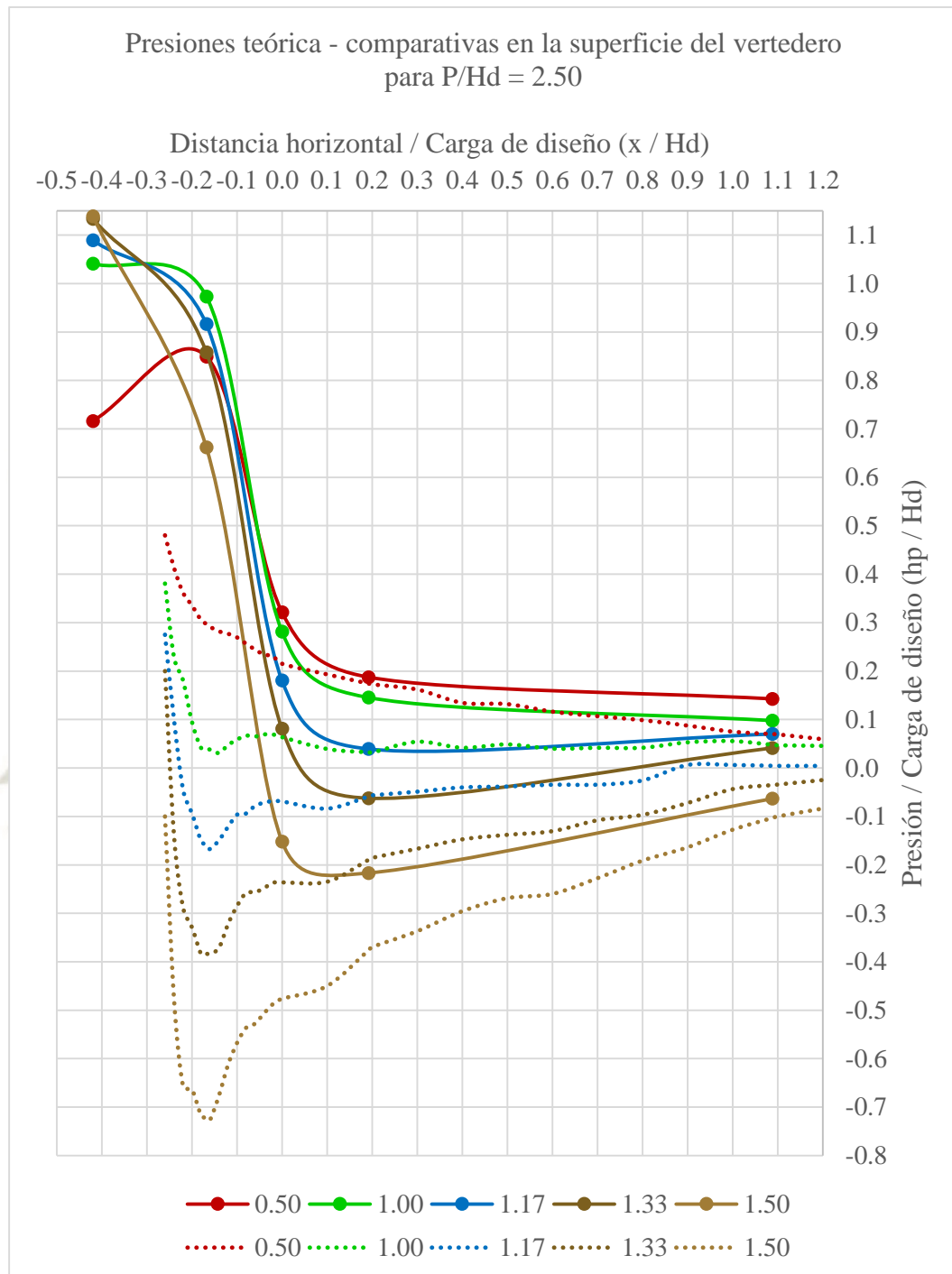


Gráfico 8-8. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio  
para  $P/H_d = 2.50$ .

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 2.00$ .

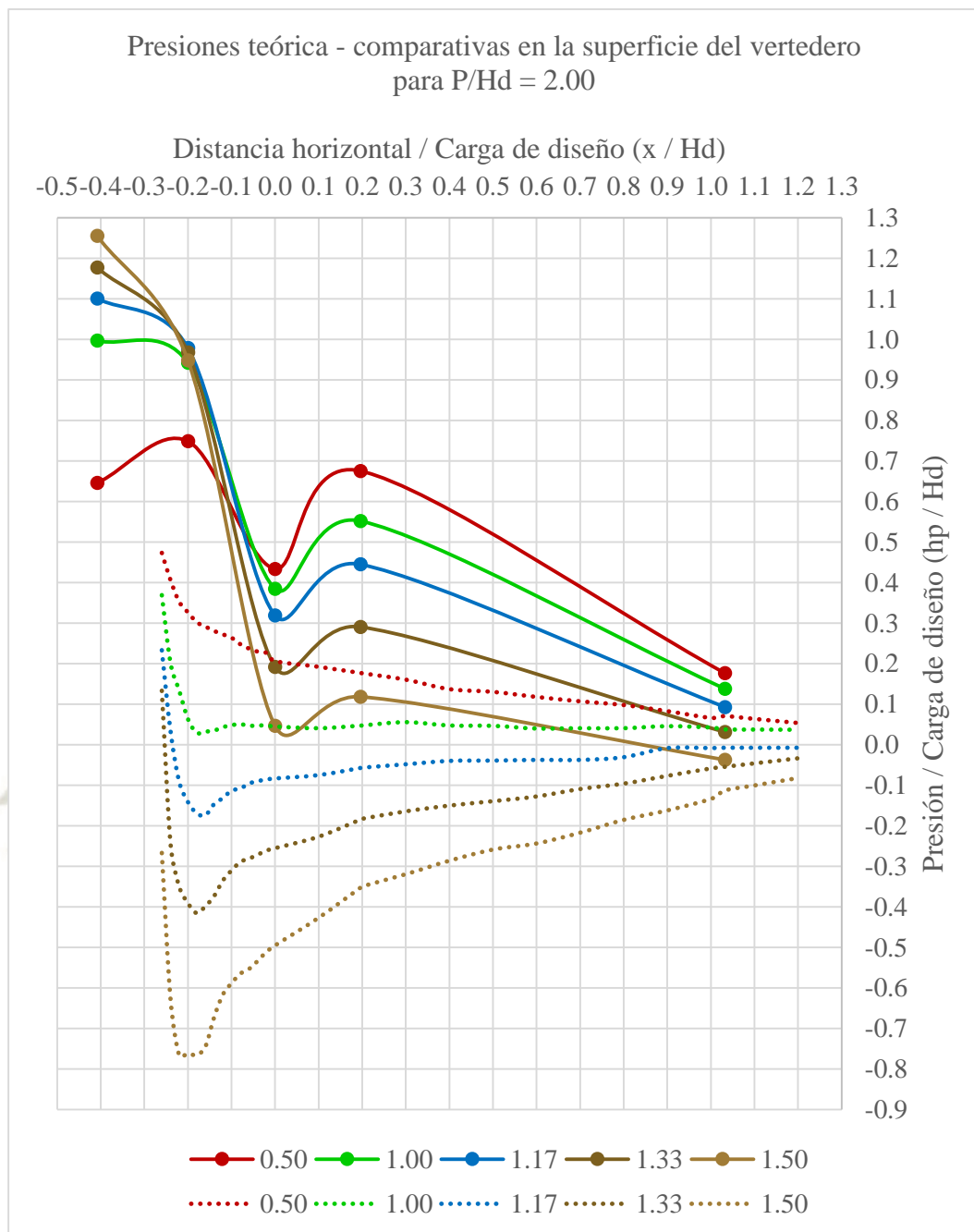


Gráfico 8-9. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio  
para  $P/H_d = 2.00$ .

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 1.50$ .

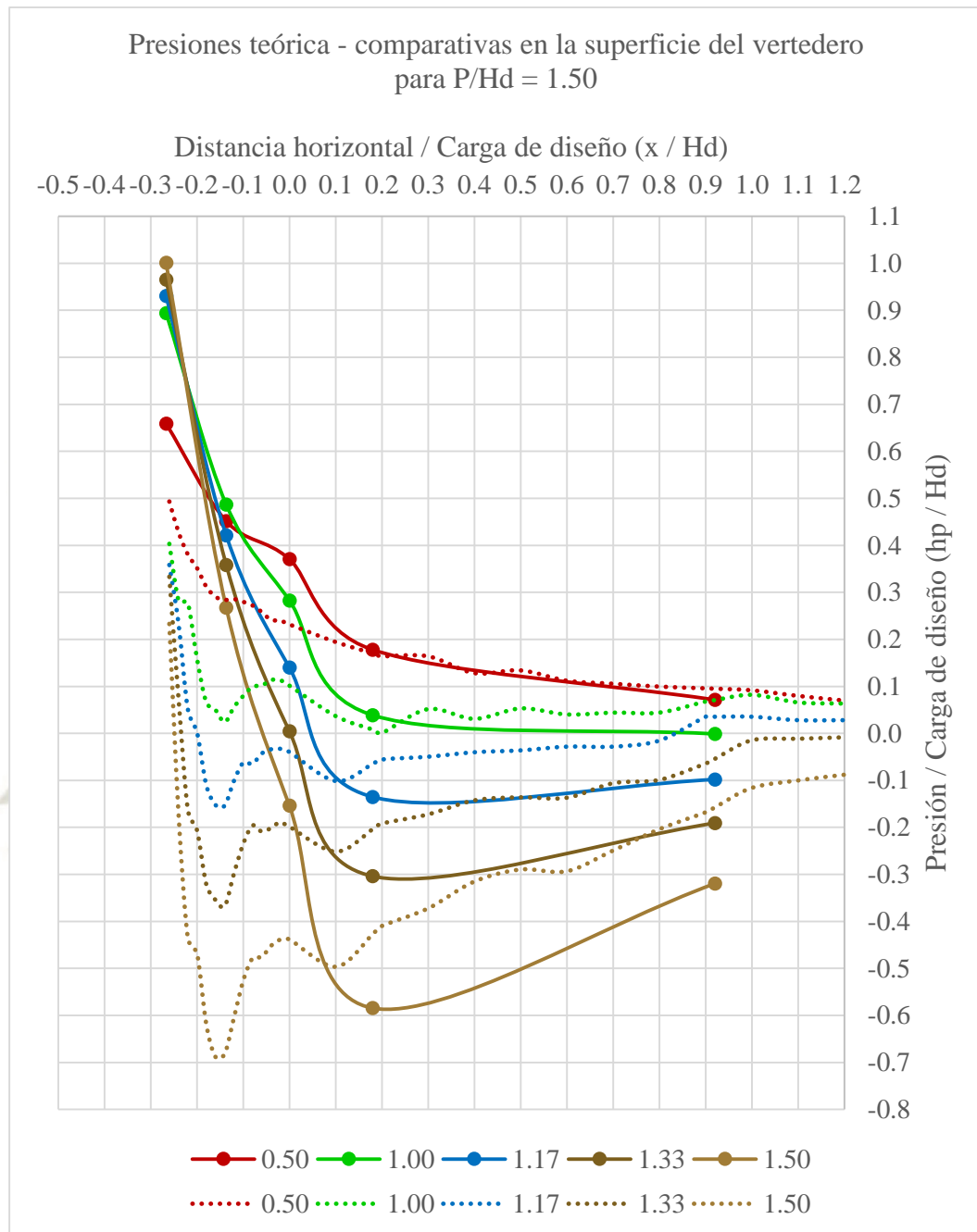


Gráfico 8-10. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio para  $P/H_d = 1.50$ .

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 1.00$ .

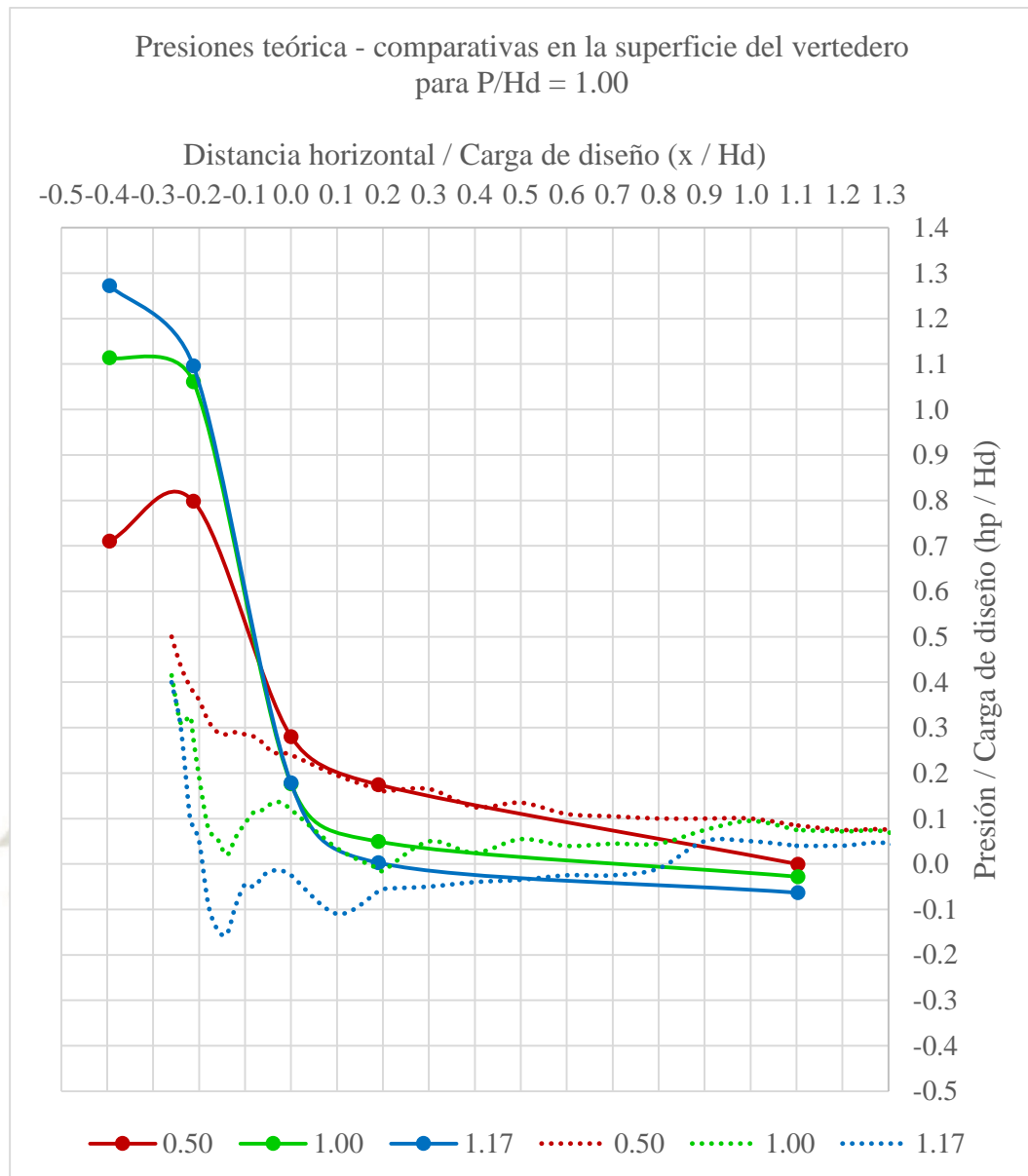


Gráfico 8-11. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio para  $P/H_d = 1.00$ .

Fuente: Elaboración Propia.

- Para  $P/H_d = 0.50$ .

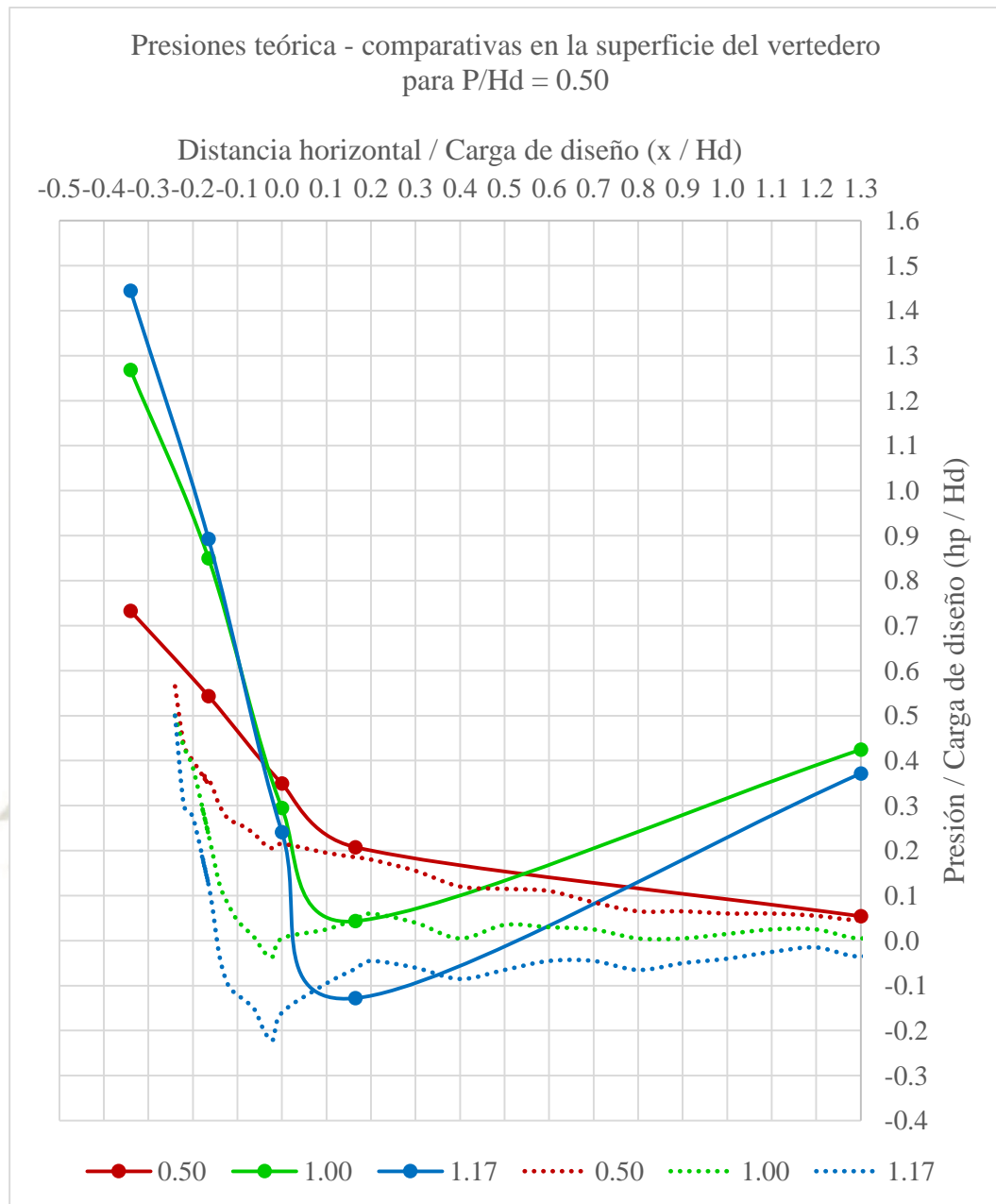


Gráfico 8-12. Presiones teóricas comparadas con las obtenidas en laboratorio para  $P/H_d = 0.50$ .

Fuente: Elaboración Propia.

En términos generales, se observa que las investigaciones de la W.E.S. registran menores valores de presión negativa que las que se pudieron recopilar en esta investigación. Además, es importante mencionar que en nuestra investigación se presentaron mayores presiones positivas que en las consignadas en los informes de la W.E.S.

En todos los casos de  $P/H_d$  a partir de las presiones obtenidas en laboratorio, se observa que los menores valores de presión de succión se registraron aguas abajo de la cresta y conforme va aumentando la relación  $P/H_d$  las menores presiones registradas se van localizando en esta, siendo este rango de 0 a 0.20 en lo que a la relación  $x/H_d$  se refiere, a diferencia de lo que muestran las gráficas elaboradas por la WES, donde el menor valor de presión negativa se ubica aguas arriba de la cresta, estas se encuentran en el rango de  $-0.02$  y  $-0.22$  de la relación  $x/H_d$ , entonces en ningún caso de  $P/H_d$ , llegan a posicionarse en la cresta.

$P/H_d$	$x/H_d$ (W.E.S.)	$x/H_d$ (Propia)
3	-0.22	0
2.5	-0.16	0.2
2	-0.16	0
1.5	-0.16	0.2
1	-0.14	0.19
0.5	-0.02	0.17

*Tabla 8-1. Valores extremos de la relación  $x/H_d$  de la W.E.S. comparado con los obtenidos en laboratorio.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

Dentro del análisis realizado a partir del vertedero de pared delgada, se vislumbraron algunas diferencias en el campo de presiones, con los datos recabados de los transmisores de presión, podremos detallarlos con mayor precisión. Para ello se analizarán las presiones solo cuando la carga de operación es igual a la de diseño.

En ese sentido cuando la relación  $P/H_d$  corresponde a 0.5, todas las presiones sobre el perfil del vertedero toman valores positivos y en la cima de la cresta, cuando la coordenada horizontal del perfil es igual a cero, la presión es nula.

Para cuando la relación de  $P/H_d$  toma el valor de 1, podemos apreciar que las presiones en su mayoría son positivas y están muy cercanas a cero, también es importante mencionar que conforme se alejan de la cima de la cresta aguas abajo y se aproximan al punto de tangencia tienden a tomar valores negativos.

En relación al vertedero correspondiente a  $P/H_d = 1.5$ , se aprecia que las presiones descienden desde el valor máximo que se encuentra aguas arriba de la cresta hasta colindar con el valor de cero aguas abajo de esta.

De esta manera también en la relación de  $P/H_d$  correspondiente a 2, las presiones sobre la cresta todas positivas, asimismo podemos apreciar una oscilación en las presiones en el intervalo en el que la relación  $x/H_d$  toma los valores de -0.2 y 0.2.

En la relación de  $P/H_d$  equivalente a 2.5, podemos apreciar que entre el rango de -0.1 y 0.0 para  $x/H_d$  se produce una disminución dramática en las presiones, consecuentemente, aguas abajo las presiones son casi nulas.

Finalmente, en la condición en la que  $P/H_d$  toma el valor de 3, se aprecia una oscilación aguas abajo del origen del eje coordenado ubicado en la cresta del vertedero, para que luego se produzca un descenso gradual en las presiones hasta que estas tomen valores negativos muy próximos al cero.

Por otra parte, se puede apreciar que, en ambas investigaciones, conforme las lecturas de presión se alejan de la cresta, aguas abajo de la misma, las presiones tienden a formar un patrón lineal, también es importante notar que a medida que la carga de operación supera a la carga de diseño, las presiones tienden a descender hasta alcanzar valores negativos en algunos casos.

En ese sentido, los valores de  $h_p/H_d$  en nuestra investigación varían de -0.190 a 1.486, mientras que en la W.E.S. reporta un rango de entre -0.767 a 0.565.

La máxima variación correspondiente a los transmisores de presión, en el caso de los valores más críticos del rango de presiones recopilados por estos, es decir 14.86 mca y -2.375 mca, son de 0.05 y -0.01 mca correspondientemente.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Los valores de la relación  $P/H_d$  recopilados de la bibliografía varían desde 0.25 hasta 3.40, por lo tanto, se escogieron seis diseños con una relación de  $P/H_d$  que varía de 0.50 hasta 3.00 con un incremento de 0.50 entre cada uno de ellos, para realizar su comparación respectiva. Además, los vertederos con una relación de  $P/H_d$  menores y mayores a los mencionados anteriormente, no fueron considerados por no poder llegar a las cargas de diseño y operación correspondiente.
- Se realizó el diseño hidráulico de seis vertederos de perfil Creager, mediante los lineamientos planteados por la US Bureau of Reclamation, siendo estos los modelos que fueron reproducidos a escala reducida, tamaño limitado por el ancho del canal de aproximación, y empleados para realizar los ensayos experimentales de esta investigación.
- Se realizó la reconstrucción gráfica de los ábacos de la W.E.S. donde se expone la relación de la carga de presión y la carga de diseño, para  $P/H_d = 0.50, 1.00$  y  $3.40$ , además de sus respectivas tablas para estudios futuros. Asimismo, con el fin de poder encontrar las magnitudes de la relación de  $P/H_d$  para diferentes puntos del perfil de los vertederos estudiados, para luego realizar su comparación con lo obtenido experimentalmente, se realizó una interpolación lineal entre los ábacos de la W.E.S., debido a que este método probabilístico permite inferir información a partir de una data existente y además permite procesar los datos con mayor rapidez en relación a otros métodos de interpolación. Cabe resaltar que, en los datos extraídos de la bibliografía, no se consignaron las magnitudes de la altura de presión, por lo tanto, se desconoce la carga de diseño con la que trabajaron, obteniendo solo la relación de  $P/H_d$ , como se mencionó anteriormente.
- Emulando las experiencias que se realizaron para obtener el perfil del vertedero de cimacio, se realizó el trazo de la napa inferior del flujo de agua que sobrepasa vertederos de pared delgada, los cuales tienen una diferencia con los perfiles obtenidos de forma teórica, por lo que, al realizar una comparación cualitativa, se afirma que la magnitud de

las presiones presentes sobre los vertederos de perfil Creager son diferentes a las que se obtienen de forma práctica.

- En el análisis experimental del comportamiento hidráulico en vertederos de perfil Creager, se emplearon modelos a escala reducida, limitados por el ancho del canal de aproximación, los cuales contaban con unos transmisores presión a lo largo de su superficie, estos, nos permitieron detallar el espectro de presiones sobre la cresta, para determinadas distancias definidas teniendo la cima de la cresta como eje coordenado. Finalmente se establecieron relaciones entre estos valores obtenidos y la carga de diseño correspondiente, relaciones que fueron representadas mediante gráficos.
- Se encontraron diferencias importantes en el comportamiento del campo de presiones, manifestadas en la relación de  $h_p / H_d$ . En esta investigación reportamos valores extremos de -0.19 a 1.486, mientras que en los reportes de la W.E.S. fueron consignados valores correspondientes a -0.767 a 0.565, por lo que podemos inferir que, en las experiencias realizadas en esta investigación, se obtuvieron magnitudes presión positiva considerablemente mayores a las que se registraron en los estudios previos, esta diferencia para los máximos valores que se registraron en ambos estudios supera el 150%. De ese mismo modo, entre los valores negativos de presión, hay una diferencia del 75%, siendo menores los reportados en las investigaciones que preceden a esta. Además, se presentó una gran diferencia en relación a la ubicación de los valores mínimos de presión, en los reportes de la W.E.S. la presión de succión estuvo localizada aguas arriba del nivel más alto de la cresta, mientras que, en la presente, se localizaron aguas abajo de esta.
- Se estimó que las presiones llegan a su valor máximo cuando la carga de operación supera en un 50% a la carga de diseño, se presentan los valores más críticos de presión, siendo estos de 14.86 mca y -2.375 mca. En relación al extremo negativo es importante comentar que aquel valor mínimo reportado, no posee la magnitud necesaria para poder producir cavitación. Por otro lado, como se reportaron valores de presión significativamente superiores a los que se consignaron en el informe de la W.E.S. podemos conjeturar que, ante una posible disminución del perfil, el vertedero seguirá manteniendo un comportamiento óptimo.

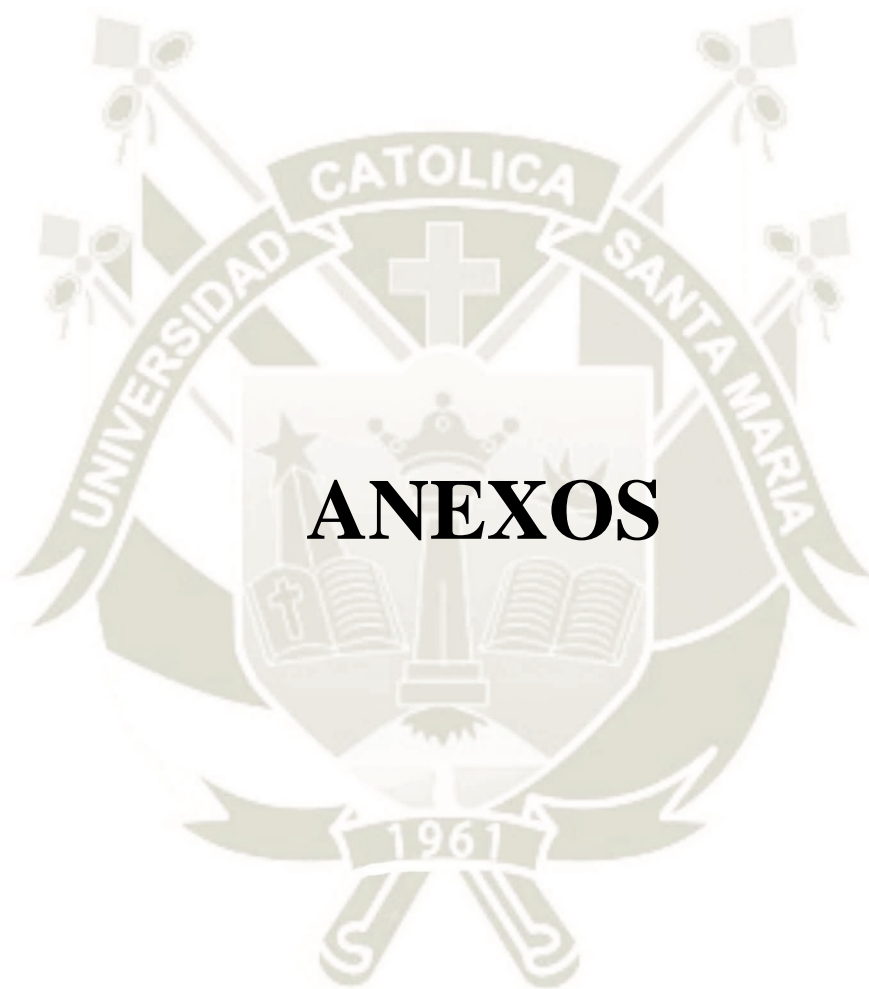
## Recomendaciones

- Continuar el estudio de las presiones sobre la cresta del vertedero y otros parámetros hidráulicos que puedan influir en estas, ya que se encontraron valores que guardan diferencia con los proporcionados por otros estudios, esto podría afectar directamente a los parámetros de diseño.
- Realizar más estudios del comportamiento hidráulico de vertederos de perfil Creager, con diferentes umbrales y distintas cargas de diseño, para poder conseguir otras relaciones de  $P/H_d$ , con el fin de poder tener ábacos más detallados y poder comprender a mayor profundidad el fenómeno para el departamento de Arequipa.
- Como otro parámetro de comparación se puede incluir un modelamiento digital del fenómeno estudiado.
- Respecto a los instrumentos de laboratorio, incrementar el tamaño de la posa de disipación y del canal de aproximación, para poder superar las limitaciones que se tuvieron en cuanto al caudal, de esta manera se podrán ensayar vertederos con la relación de  $P/H_d$  menores a los que se emplearon para esta investigación. De la misma manera, las motobombas, se recomienda reemplazarlas con bombas eléctricas, de mayor potencia, para que de esta manera se tenga mayor gasto hidráulico y del mismo modo mayor en los caudales. Asimismo, utilizar un controlador con pantalla más grande, para poder visualizar los datos in situ con mayor facilidad. También se recomienda, trabajar con otro tipo de silicona para rellenar las uniones, con el fin de poder realizar pruebas con mayor celeridad.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. ANA. (2010). *Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*. Perú.
2. USBR. (1987). *Design of small dams*. 3th ed. Washington: Water Resources Technical Publication Series.
3. Dominguez, F. (1974). *Hidraulica*. 4th ed. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
4. Bazin, H. (1897). *Annales des ponts et chaussées*. Vol. 14. Francia: Mémoire 41.
5. Chow, Ven Te. (1982). *Hidráulica de los canales abiertos*. MC Graw Hill Book Company.
6. French, R. *Hidráulica en canales abiertos*.
7. Naudascher, Eduard –“Hidráulica en canales” Ed. Limusa S.A México -2002
8. Sotelo Avila, Gilberto, (2,002), *Hidráulica General*, Editorial Limusa.
9. Villon, Máximo, “Hidráulica de Canales” Ed. Villón Perú-2007
10. Shames, I. (1997). *Mecánica de Fluidos*. Colombia: MC Graw Hill Interamericana S.A.
11. Streeter, V., & Otros. (2000). *Mecanica de Fluidos*. Colombia: MC Graw Hill Interamericana S.A.
12. White, F. (2010). *Mecánica de Fluidos*. Colombia: MC Graw Hill Interamericana S.A.
13. Agudelo, J. (2014). *Creager, otra curva interesante para usar en una estructura*. [online] Estructurando.net. Available at: <http://estructurando.net/2014/05/20/creager-otra-curva-interesante-para-usar-en-una-estructura/> [Accessed 27 May 2019].
14. Duerksen, J. A., *Pendulum Gravity Data in the United States*. U. S. Coast and Geodetic Survey Special Publication Io. 244, 1949.
15. Swick, C. H., *Pendulum Gravity Measurements and Isostatic Reductions*. U. S. Coast and Geodetic Survey Special Publication No. 232, 1942.

16. King, H. W., Handbook of Hydraulics. 3d ed., McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, N. Y., 1939, table 4 p 18.
17. U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1977.
18. U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Investigations of Various Shapes of the Upstream Quadrant of the Crest of a High Spillway; Hydraulic Laboratory Investigation, by E. S. Melsheimer and T. E. Murphy. Research Report H-70-1, Vicksburg, Miss., January 1970.
19. Melsheimer, E., and Murphy, T. 1970 (Jan). "Investigations of Various Shapes of the Upstream Quadrant of the Crest of a High Spillway; Hydraulic Laboratory Investigation," Research Report H-70-1, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
20. US Bureau of Reclamation. 1977. "Design of Small Dams," 2nd Ed., US Government Printing Office, Washington, D. C.
21. DIGESTYC. (2010). En Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM). El Salvador.
22. Belanger, J. B. CH., Notes sur le cours d'hydraulique. Memories cole Nationale des Ponts et Chaussées, 1849-1850, pp. 32-33
23. Prásil, Franz. Technische Hydrodynamik, Segunda edición, Berlín, Springer Verlag, 1926.
24. Fawer, C. Etude de quelques écoulements permanent à filets courbes, Tesis Université de Laussane, Laussane, 1937.
25. Jaeger, Charles. Engineering Fluid Mechanics, Traducción de la edición en alemán de 1949. Londres, Glasgow. Blackie & Son Limited, 1949, 529 pp.
26. Rendón Dávila, Víctor. (2014). Comportamiento hidráulico de aliviaderos en zonas de altura. Universidad Politécnica de Catalunya.



# ANEXOS



**ANEXO A. HOJAS TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS  
ELÉCTRICOS**

# DMP 331

## Industrial Pressure Transmitter for Low Pressure

Stainless Steel Sensor

accuracy according to IEC 60770:  
standard: 0.35 % FSO  
option: 0.25 / 0.1 % FSO



### Nominal pressure

from 0 ... 100 mbar up to 0 ... 60 bar

### Output signals

2-wire: 4 ... 20 mA

3-wire: 0 ... 20 mA / 0 ... 10 V

others on request

### Special characteristic

- ▶ perfect thermal behaviour
- ▶ excellent long term stability
- ▶ pressure port  
G 1/2" flush from 100 mbar




### Optional versions

- ▶ IS-version  
Ex ia = intrinsically safe  
for gases and dusts
- ▶ SIL 2-according to  
IEC 61508 / IEC 61511
- ▶ welded pressure sensor
- ▶ customer specific versions

The pressure transmitter DMP 331 can be used in all industrial areas when the medium is compatible with stainless steel 1.4404 (316 L) or 1.4435 (316 L). Additional are different elastomer seals as well as a helium tested welded version available.

The modular concept of the device allows to combine different stainless steel sensors and electronic modules with a variety of electrical and mechanical versions. Thus a diversity of variations is created, meeting almost all requirements in industrial applications.

### Preferred areas of use are

-  Plant and machine engineering
-  Environmental engineering  
(water - sewage - recycling)
-  Energy industry



# DMP 331

Industrial Pressure Transmitter

Technical Data

Input pressure range									
Nominal pressure gauge	[bar]	-1...0	0.10	0.16	0.25	0.40	0.60	1	1.6
Nominal pressure abs.	[bar]	-	-	-	-	0.40	0.60	1	1.6
Overpressure	[bar]	5	0.5	1	1	2	5	5	10
Burst pressure $\geq$	[bar]	7.5	1.5	1.5	1.5	3	7.5	7.5	15
Nominal pressure gauge / abs.									
	[bar]	2.5	4	6	10	16	25	40	60
Overpressure	[bar]	10	20	40	40	80	80	105	105
Burst pressure $\geq$	[bar]	15	25	50	50	120	120	210	210
Vacuum resistance		$P_N \geq 1$ bar: unlimited vacuum resistance $P_N < 1$ bar: on request							
Output signal / Supply									
Standard		2-wire: 4 ... 20 mA / $V_S = 8 \dots 32 V_{DC}$				SIL-version: $V_S = 14 \dots 28 V_{DC}$			
Option IS-protection		2-wire: 4 ... 20 mA / $V_S = 10 \dots 28 V_{DC}$				SIL-version: $V_S = 14 \dots 28 V_{DC}$			
Options 3-wire		3-wire: 0 ... 20 mA / $V_S = 14 \dots 30 V_{DC}$							
		0 ... 10 V / $V_S = 14 \dots 30 V_{DC}$							
Performance									
Accuracy <sup>1</sup>		standard: nominal pressure < 0.4 bar:		$\leq \pm 0.50$ % FSO					
		nominal pressure $\geq 0.4$ bar:		$\leq \pm 0.35$ % FSO					
		option 1: nominal pressure $\geq 0.4$ bar:		$\leq \pm 0.25$ % FSO					
		option 2: for all nominal pressure:		$\leq \pm 0.10$ % FSO					
Permissible load		current 2-wire: $R_{max} = [(V_S - V_{S min}) / 0.02 A] \Omega$ current 3-wire: $R_{max} = 240 \Omega$ voltage 3-wire: $R_{min} = 10 k\Omega$							
Influence effects		supply: 0.05 % FSO / 10 V				load: 0.05 % FSO / k $\Omega$			
Long term stability		$\leq \pm 0.1$ % FSO / year at reference conditions							
Response time		2-wire: $\leq 10$ msec				3-wire: $\leq 3$ msec			
<sup>1</sup> accuracy according to IEC 60770 – limit point adjustment (non-linearity, hysteresis, repeatability)									
Thermal effects (Offset and Span)									
Nominal pressure $P_N$	[bar]	-1 ... 0		< 0.40		$\geq 0.40$			
Tolerance band	[% FSO]	$\leq \pm 0.75$		$\leq \pm 1$		$\leq \pm 0.75$			
in compensated range	[°C]	-20 ... 85		0 ... 70		-20 ... 85			
Permissible temperatures									
Permissible temperatures		medium: -40 ... 125 °C		electronics / environment: -40 ... 85 °C					
		storage: -40 ... 100 °C							
Electrical protection									
Short-circuit protection		permanent							
Reverse polarity protection		no damage, but also no function							
Electromagnetic compatibility		emission and immunity according to EN 61326							
Mechanical stability									
Vibration		10 g RMS (25 ... 2000 Hz) according to DIN EN 60068-2-6							
Shock		500 g / 1 msec according to DIN EN 60068-2-27							
Materials									
Pressure port		stainless steel 1.4404 (316 L)							
Housing		stainless steel 1.4404 (316 L)							
Option compact field housing		stainless steel 1.4301 (304); cable gland M12x1.5, brass, nickel plated (clamping range 2 ... 8 mm)							
Seals		standard: FKM				options: EPDM			
		welded version <sup>2</sup> (for $P_N \leq 40$ bar)				others on request			
Diaphragm		stainless steel 1.4435 (316 L)							
Media wetted parts		pressure port, seals, diaphragm							
<sup>2</sup> welded version only with pressure ports according to EN 837, $P_N \leq 40$ bar									
Explosion protection (only for 4 ... 20 mA / 2-wire)									
Approvals		IBExU 10 ATEX 1068 X / IECEx IBE 12.0027X							
DX19-DMP 331		zone 0: II 1G Ex ia IIC T4 Ga		zone 20: II 1D Ex ia IIIC T 85°C Da					
Safety technical maximum values		$U_i = 28$ V, $I_i = 93$ mA, $P_i = 660$ mW, $C_i \approx 0$ nF, $L_i \approx 0$ $\mu$ H, the supply connections have an inner capacity of max. 27 nF to the housing							
Permissible temperatures for environment		in zone 0: -20 ... 60 °C with $p_{atm}$ 0.8 bar up to 1.1 bar		in zone 1 or higher: -20 ... 70 °C					
Connecting cables (by factory)		cable capacitance: signal line/shield also signal line/signal line: 160 pF/m		cable inductance: signal line/shield also signal line/signal line: 1 $\mu$ H/m					

# DMP 331

Industrial Pressure Transmitter

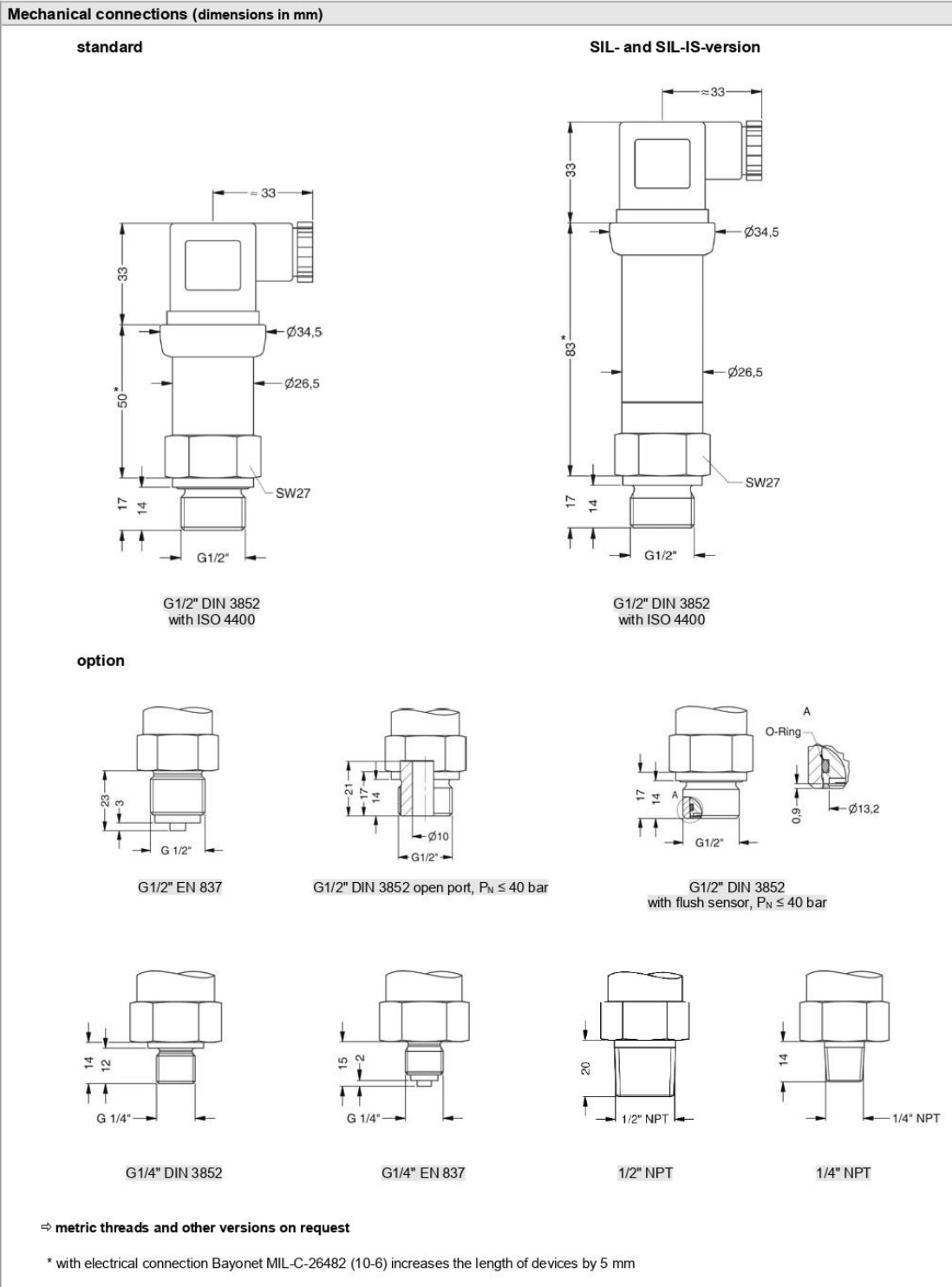
Technical Data

Miscellaneous							
Option SIL2 version <sup>3</sup>	according to IEC 61508 / IEC 61511						
Current consumption	signal output current: max. 25 mA			signal output voltage: max. 7 mA			
Weight	approx. 200 g						
Installation position	any <sup>4</sup>						
Operational life	100 million load cycles						
CE-conformity	EMC Directive: 2014/30/EU						
ATEX Directive	2014/34/EU						
<sup>3</sup> only for 4 ... 20 mA / 2-wire, not in combination with accuracy 0.1 %							
<sup>4</sup> Pressure transmitters are calibrated in a vertical position with the pressure connection down. If this position is changed on installation there can be slight deviations in the zero point for pressure ranges $P_N \leq 1$ bar.							
Wiring diagrams							
2-wire-system (current)				3-wire-system (current / voltage)			
Pin configuration							
Electrical connection	ISO 4400	Binder 723 (5-pin)	M12x1/ metal (4-pin)	Bayonet MIL-C-26482 (10-6)		compact field housing	cable colours (IEC 60757)
				2-wire	3-wire		
Supply +	1	3	1	A	A	IN +	WH (white)
Supply -	2	4	2	B	D	IN -	BN (brown)
Signal + (for 3-wire)	3	1	3	-	B	OUT +	GN (green)
Shield	ground pin	5	4	pressure port			GNYE (green-yellow)
Electrical connections (dimensions in mm)							
standard		options					
ISO 4400 (IP 65)		Binder series 723 5-pin (IP 67)		M12x1 4-pin (IP 67)		Bayonet MIL-C-26482 (10-6) (IP 67)	
		compact field housing (IP 67)		cable outlet with PVC cable (IP 67) <sup>5</sup>		cable outlet, cable with ventilation tube (IP 68) <sup>6</sup>	
⇒ universal field housing stainless steel 1.4404 (316 L) with cable gland M20x1.5 (ordering code 880) and other versions on request							
<sup>5</sup> standard: 2 m PVC cable without ventilation tube (permissible temperature: -5 ... 70 °C)							
<sup>6</sup> different cable types and lengths available, permissible temperature depends on kind of cable							

# DMP 331

Industrial Pressure Transmitter

Technical Data



**BDSENSORS**  
pressure measurement

Ordering code DMP 331

DMP 331

[ ] [ ] [ ] - [ ] [ ] [ ] [ ] - [ ] - [ ] - [ ] [ ] [ ] [ ] - [ ] [ ] [ ] [ ] - [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]

Pressure			
gauge		1 1 0	
absolute	<sup>1</sup>	1 1 1	
Input			
[bar]			
0.10	<sup>1</sup>	1 0 0 0	
0.16	<sup>1</sup>	1 6 0 0	
0.25	<sup>1</sup>	2 5 0 0	
0.40		4 0 0 0	
0.60		6 0 0 0	
1.0		1 0 0 1	
1.6		1 6 0 1	
2.5		2 5 0 1	
4.0		4 0 0 1	
6.0		6 0 0 1	
10		1 0 0 2	
16		1 6 0 2	
25		2 5 0 2	
40		4 0 0 2	
60		6 0 0 2	
-1 ... 0		X 1 0 2	
customer		9 9 9 9	consult
Output			
4 ... 20 mA / 2-wire		1	
0 ... 20 mA / 3-wire		2	
0 ... 10 V / 3-wire		3	
intrinsic safety 4 ... 20 mA / 2-wire		E	
SIL2 4 ... 20 mA / 2-wire		1S	
SIL2 with intrinsic safety		ES	
4 ... 20 mA / 2-wire			
customer		9	consult
Accuracy			
standard for $P_N \geq 0.4$ bar:	0.35 % FSO	3	
standard for $P_N < 0.4$ bar:	0.50 % FSO	5	
option 1 for $P_N \geq 0.4$ bar:	0.25 % FSO	2	
option 2:	0.10 % FSO <sup>2</sup>	1	
customer		9	consult
Electrical connection			
male and female plug ISO 4400		1 0 0	
male plug Binder series 723 (5-pin)		2 0 0	
cable outlet with PVC cable (IP67) <sup>3</sup>		T A 0	
cable outlet,			
cable with ventilation tube (IP68) <sup>4</sup>		T R 0	
male plug M12x1 (4-pin) / metal		M 1 0	
Bayonet MIL-C-26482 (10-6); 2 wire		B G 0	
Bayonet MIL-C-26482 (10-6); 3 wire		B G 4	
compact field housing			
stainless steel 1.4301 (304)		8 5 0	
customer		9 9 9	consult
Mechanical connection			
G1/2" DIN 3852		1 0 0	
G1/2" EN 837		2 0 0	
G1/4" DIN 3852		3 0 0	
G1/4" EN 837		4 0 0	
G1/2" DIN 3852			
with flush sensor <sup>5</sup>		F 0 0	
G1/2" DIN 3852 open pressure port <sup>5</sup>		H 0 0	
1/2" NPT		N 0 0	
1/4" NPT		N 4 0	
customer		9 9 9	consult
Seals			
FKM		1	
EPDM		3	
without (welded version) <sup>5, 6</sup>		2	
customer		9	consult
Special version			
standard		0 0 0	
customer		9 9 9	consult

<sup>1</sup> absolute pressure possible from 0.4 bar  
<sup>2</sup> not in combination with SIL  
<sup>3</sup> standard: 2 m PVC cable without ventilation tube (permissible temperature: -5 ... 70°C), others on request  
<sup>4</sup> code TR0 = PVC cable, cable with ventilation tube available in different types and lengths  
<sup>5</sup> only for  $P_N \leq 40$  bar  
<sup>6</sup> welded version only with pressure ports according to EN 837

© 2019 BD|SENSORS GmbH - The specifications given in this document represent the state of engineering at the time of publishing. We reserve the right to make modifications to the specifications and materials.

24.05.2019

#### 4. TECHNICAL DATA

Power supply voltage (depending on version)	85... <b>230</b> ...260V AC/DC; 50 + 60 Hz (external fuse: T-type, 2 A max.) or 19... <b>24</b> ...50V DC; 16V... <b>24</b> ...35V AC (external fuse: T-type, 2 A max.)
Power consumption	typically 15 VA (small case); typically 20 VA (big case)
Display (depending on version)	TFT colour graphic display, 3.5" or 5.7", 320x240 pixels, LED backlight
Sensor power supply output	24V DC $\pm$ 5% / max. 200 mA
Digital input	1 input 0/15...24V DC, galvanic insulation (low state: 0+1V, high state: 8+24V); power consumption: 7,5 mA / 24V insulation: 1 min @ 500V DC
Basic communication interfaces	RS-485, 8N1/2, Modbus RTU, 1200 bit/s + 115200 bit/s USB Host port, USB SERVICE port
Optional communication module*	<b>ACM:</b> second USB Host port, serial RS-485 and RS-485/RS-232, Ethernet 10 MB RJ-45 <b>ETU:</b> 1 x USB Host, 1 x Ethernet 10 MB <b>USB:</b> 1 x USB Host
Optional input modules*	72 x analogue inputs max. (0+10V; 0/4+20 mA)** 18 x isolated current inputs max. (4+20 mA) 18 x RTD inputs max. (2-, 3- and 4-wire)** 36 x TC inputs max. (J, K, S, T, N, R, B, E, L(GOST))** 72 x digital inputs max.** 15 x universal inputs max.** 12 x counter / flowmeter / ratemeter inputs max.** 16 / 24 x NTC/analogue/digital mixed inputs module**
Optional output modules*	18 x relay (5A/250V) outputs max.** 36 x relay (1A/250V) outputs max.** 72 x SSR driver outputs max.** 24 x IO passive current output max. (4+20 mA)**
Protection level (depending on version)	IP 65 (from front, after using waterproof frame, only with USB interface on rear panel) IP 54 (from front, with transparent door) IP 40 (from front, standard) IP 20 (housing and connection clips)
Housing	panel, material: NORYL - GFN2S E1
Housing dimensions	96 x 96 x 100 mm (small case) or 144 x 144 x 100 mm (big case)
Mounting hole	90.5 x 90.5 mm (small case) or 137 x 137 mm (big case)
Assembly depth	102 mm
Panel thickness	max. 5 mm
Operating temperature	0°C + +50°C (standard), -20°C + +50°C (option)
Storage temperature	-10°C + +70°C or -20°C + +70°C (depending on version)
Humidity	5 to 90% no condensation
Screws tightening max. torque	0,5 Nm
Max. connection leads diameter	2,5 mm <sup>2</sup>
Safety requirements according to: PN-EN 61010-1	installation category: II pollution degree: 2 voltage in relation to ground: 300V AC insulation resistance: >20 M $\Omega$ insulation strength between power supply and input/output terminal: 1min. @ 2300V
EMC	PN-EN 61326-1

\* check the current list of measurement modules at your local MultiCon supplier  
\*\* see the full specification in the appendix



# SonTek-IQ™ Series Standard, Plus and Pipe

FLOW, TOTAL VOLUME, LEVEL AND VELOCITY

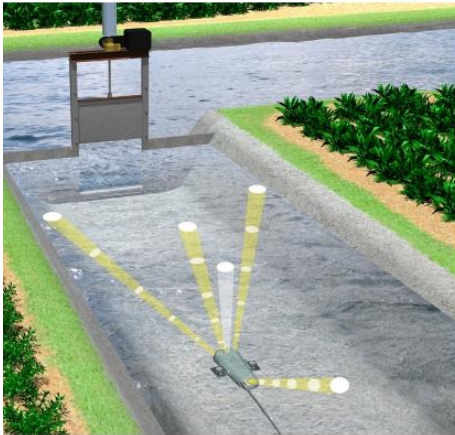


a xylem brand



## Built to Last. Made to Perform.

Developed with assistance from the Cooperative State Research, Education, and Extension Service of the U.S. Department of Agriculture, the SonTek-IQ Series are three products that provide high quality flow, total volume, level and velocity data for challenging conditions that fit your budget. Custom flow algorithms, carefully designed and tested, ensure all these products in the Series will deliver the data you need to make smart decisions about your water. Each system offers four independent velocity beams that can accurately map the cross-section velocity, both in the center and out towards each edge. High-resolution profile data combined with smart and flexible programming means the IQ adeptly meets the widest variety of environments and flow conditions, from irrigation canals to wastewater collections and CSOs\*; from industrial pipes to natural streams. In many cases, very high-accuracy flow data can be instantly obtained with no velocity indexing required. Additionally, the built-in pressure sensor (standard with each system), works in tandem with the vertical acoustic beam to measure the water level, delivering the most robust stage measurements ever.



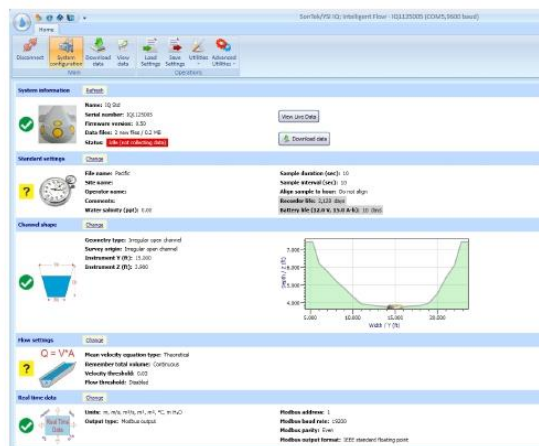
- Fully self-contained, all-in-one design
- Measure flow in man-made or natural channels, pipes or streams between 8 cm (3 inches) and 5 m (16 ft) deep
- Uses SonTek's exclusive SmartPulse<sup>HD</sup> adaptive sampling technology under all conditions
- Four, pulsed Doppler velocity beams for great section coverage
- Specialized flow algorithms for open channels and/or closed pipes, including irregular shapes
- Handles very slow and reversing flow conditions
- Self-calibrating water level using vertical beam and pressure sensor
- RS-232, SDI-12, Modbus, Analog communication/output

\*The SonTek-IQ Series is not IS or ATEX certified. Do not use in areas with explosion risk.

Whether you need just a practical and cost-effective solution for a single canal, or you operate a large public utility with dozens of monitoring sites, there's a SonTek-IQ right for your application. Simply input the channel geometry using the intuitive SonTek-IQ software and you are outputting accurate flow data in minutes!

*The SonTek-IQ software package is the starting point for interfacing with the instrument.*

*The "SmartPage" has built-in icons that guide users through the configuration steps to collect the best possible data. Want to run some statistics on the data? You can do that too, with just one click.*





## SonTek-IQ Standard: Big Quality for Small Budgets

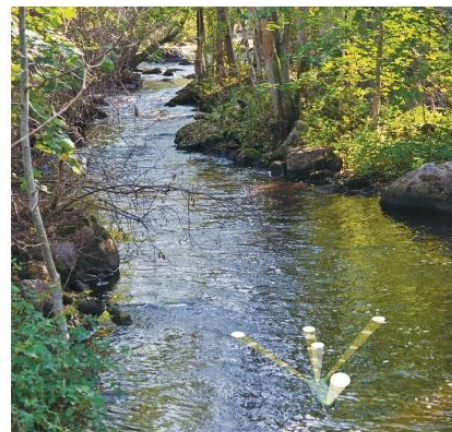
The SonTek-IQ Standard version is a “no frills” option for the budget-minded operator. But with the SonTek-IQ Standard, low budgets do not mean low quality data! Using the same powerful SmartPulse<sup>HD</sup> technology that is used in the SonTek-IQ Plus system, you won’t be sacrificing quality while monitoring your flow.

The Standard version allows measurement for depths up to 1.5 m in open-channels only, and basic data parameters output for display or export based on a dynamic, single integrated velocity cell.

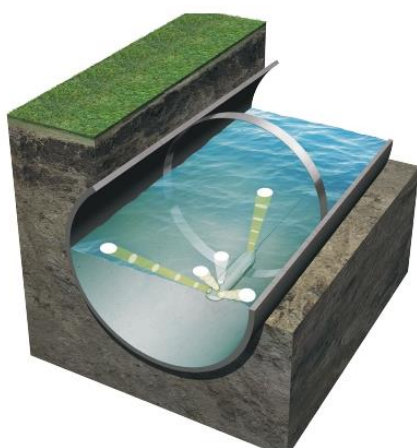
## SonTek-IQ Plus: Monitoring in Complex Environments

The SonTek-IQ Plus version offers a flow monitoring solution for larger canals and natural environments with depths up to 5 m. With the ability to collect velocity profiling data in cells as small as 2 cm across a channel horizontally and vertically, this version offers the user complete flexibility in applications and detailed flow velocity parameters for those times when “just flow” isn’t enough.

The SonTek-IQ Plus is capable of handling not just regular trapezoidal canals, but any irregular/naturally-shaped channel, up to 5 m deep, where flow, velocity and/or level need to be measured. And with the flexibility of the SonTek-IQ software, the opportunities are endless.



## SonTek-IQ Pipe: Accurate Flow in Totally or Partially Full Pipes



The SonTek-IQ Pipe is intended as either a bottom or top mounted flow meter that can be used in most industrial or agricultural applications. Unlike many other flow meters available today, the SonTek-IQ Pipe automatically determines if the pipe is full or partially full, and identifies the best technique to use to measure the velocity of the water. This information is then used to compute flow, along with accurate water level data provided by the vertical beam and/or pressure sensor. All this without additional configuration.

With a special form factor, the SonTek-IQ Pipe can provide accurate flow values in pipes from 0.5 all the way to 5.0 m, independent of whether these pipes are full or have only a few inches of water in them.

## SonTek-IQ ACCESSORIES AND SPECIFICATIONS

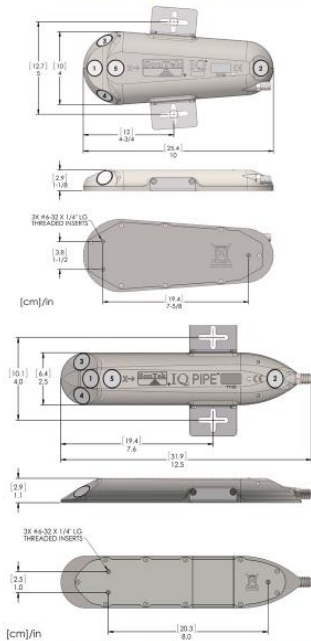


Custom-fit for the IQ Pipe, this easy to use mounting ring will make system installation a breeze. Fits pipe diameters from 16 in (41 cm) to 72 in (183 cm).



With the press of a single button, data is yours with the SonTek-IQ Flow Display. No PC required!

### Product Dimensions



Specifications	SonTek-IQ Standard	SonTek-IQ Plus	SonTek-IQ Pipe
<b>Application</b>	Regular Canals	All Open Channels	Pipes & Culverts
<b>Velocity Measurement</b>			
-Sampling Range	0.05 - 1.5 m (0.16 - 5 ft)	0.05 - 5.0 m (0.16 - 16 ft)	0.05 - 5.0 m (0.16 - 16 ft)
-Number of Cells	1	Up to 100	Up to 100
-Cell Size	Dynamically integrated	2 cm - 10 cm (0.8 - 4 in)	2 cm - 10 cm (0.8 - 4 in)
<b>Advanced Data Reprocessing</b>	N/A	✓	✓
<b>Increased Number of Data Fields</b>	N/A	✓	✓
<b>Velocity Measurement</b>			
-Velocity Range		±5 m/s (16 ft/s)	
-Resolution		0.0001 m/s (0.0003 ft/s)	
-Accuracy		±1% of measured velocity, ±0.5 cm/s (0.2 in/s)	
<b>Water Level</b>			
-Vertical Beam Range		0.05 - 1.5 m (0.2 - 5 ft) (Standard); 0.05 - 5.0 m (0.2 - 16 ft) (Plus/Pipe)	
-Water Level Accuracy		0.1% of measured depth or ±0.003 m (0.01 ft) whichever is greater	
-Pressure Sensor Range <sup>1</sup>		30 m (98 ft; 42 psi)	
-Pressure Sensor Accuracy		0.1% of full scale	
<b>Acoustics</b>			
-Acoustic Frequency		3.0 MHz	
-(2) Along Axis Beams		25° off vertical axis, along axis of channel	
-(2) Skew Beams		60° off vertical and 60° off center axis of channel (Standard/Plus); 37° off vertical and 45° off center axis of channel (Pipe)	
<b>Communications</b>		RS232, SDI-12, Modbus, Analog (via optional Flow Display)	
<b>Data Storage</b>		4 GB (approximately 1 year)	
<b>Operating/Storage Temperature</b>		-5 to 60° C (23 - 140° F)	
<b>Temperature Sensor</b>		Accuracy ± 0.2° C; Resolution ± 0.01° C	
<b>Tilt Sensor</b>		Accuracy ± 1.0°	
<b>SmartPulse<sup>HD</sup></b>		Yes	
<b>Power</b>			
-Input		9-15 VDC	
-Consumption		0.5 - 1.0 W (0.02 when idle)	

<sup>1</sup>For use in pressurized pipes. Housing rated to 42 psi.



Founded in 1992 and advancing environmental science globally, SonTek manufactures acoustic Doppler instrumentation for water velocity measurement in oceans, rivers, lakes, harbors, canals, estuaries, industrial pipes and laboratories. SonTek's sophisticated and proprietary technology serves as the foundation for some of the industry's most trusted flow data collection systems. SonTek is headquartered in San Diego, California, and is a brand of Xylem Inc.

SonTek  
9940 Summers Ridge Road  
San Diego CA 92121  
Tel +1.858.546.8327  
Fax +1.858.546.8150  
www.sontek.com

YSI, Inc.  
1700/1725 Brannum Lane  
Yellow Springs, Ohio 45387  
Tel +1.937.767.7241  
Fax +1.937.767.9353  
www.ysi.com

Xylem, Inc.  
1133 Westchester Avenue  
White Plains, NY 10604  
Tel +1.914.323.5700  
Fax +1.914.323.5800  
www.xyleminc.com

[www.sontek.com](http://www.sontek.com)

S16-01

© 2015 Xylem, Inc. All rights reserved. SonTek, SonTek-IQ and SmartPulseHD are trademarks of Xylem Inc. or one of its subsidiaries. The SonTek-IQ is made in the USA. Specifications are subject to change without notice. This material is based upon work supported by the Cooperative State Research, Education, and Extension Service, U.S. Department of Agriculture, under Agreement No. 2008-33610-19458. Any opinions, findings, conclusions, or recommendations expressed in this publication are those of the authors and do not necessarily reflect the view of the U.S. Department of Agriculture.



a xylem brand

9940 Summers Ridge Road  
San Diego, CA 92121  
Tel: (858) 546-8327  
support@sontek.com

### Certificate of Calibration

#### TEST REPORT

Serial Number	IQ1744002
System Type	IQ-PLUS
Recorder Size (GB)	4
Firmware Version	2.10
Date Tested	11/10/2017

#### POWER CONSUMPTION

Idle Hi Output Mode (W):	0.122	Range (W):	0.07 – 0.16
Idle Low Output Mode (W):	0.004	Range (W):	0.001 – 0.025
Receiver On Mode (W):	0.552	Range (W):	0.30 – 0.65
Sampling Mode (W):	0.736	Range (W):	0.02 – 1.00
Power Check	PASS		

#### OUTPUT

	Beam 1	Beam 2	Beam3	Beam 4	Beam Vertical
Noise (Count)	26	34	26	26	25
NR (Count)	551	548	540	543	569
Transmit (Vpp)	1.29	1.31	0.99	1.31	2.11

#### VERIFICATION

Noise	PASS
SNR	PASS
Transmit	PASS
Velocity Check	PASS
Temperature Sensor	PASS
Pressure Sensor	PASS
Tilt Sensor	PASS
Burn-in (24 hrs)	DONE
Load Default Parameters	DONE

Verified by: **ainthasane**

This report was generated on **2/28/2018**

ATTENTION: New Warranty Terms as of March 4, 2013:

This system is covered under a two year limited warranty that extends to all parts and labor for any malfunction due to workmanship or errors in the manufacturing process. The warranty is valid only if you properly maintain and operate this system under normal use as outlined in the User's Manual. The warranty does not cover shortcomings that are due to the design, or any incidental damages as a result of errors in the measurements.

SonTek will repair and/or replace, at its sole option, any product established to be defective with a product of like type. CLAIMS FOR LABOR COSTS AND/OR OTHER CHARGES RESULTING FROM THE USE OF SonTek GOODS AND/OR PRODUCTS ARE NOT COVERED BY THIS LIMITED WARRANTY.

SonTek DISCLAIMS ALL EXPRESS WARRANTIES OTHER THAN THOSE CONTAINED ABOVE AND ALL IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND/OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. SonTek DISCLAIMS AND WILL NOT BE LIABLE, UNDER ANY CIRCUMSTANCE, IN CONTRACT, TORT OR WARRANTY, FOR ANY SPECIAL, INDIRECT, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OF ANY KIND, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO LOST PROFITS, BUSINESS INTERRUPTION LOSSES, LOSS OF GOODWILL, OR LOSS OF BUSINESS OR CUSTOMER RELATIONSHIPS.

*If your system is not functioning properly, first try to identify the source of the problem. If additional support is required, we encourage you to contact us immediately. We will work to resolve the problem as quickly as possible.*

*If the system needs to be returned to the factory, please contact SonTek to obtain a Service Request (SR) number. We reserve the right to refuse receipt of shipments without SRs. We require the system to be shipped back in the original shipping container using the original packing material with all delivery costs covered by the customer (including all taxes and duties). If the system is returned without appropriate packing, the customer will be required to cover the cost of a new packaging crate and material.*

The warranty for repairs performed at an authorized SonTek Service Center is one year.



**ANEXO B. HOJA DE CÁLCULO, COORDENADAS Y  
PERFILES DE LOS VERTEDEROS DE DISEÑO**

## APÉNDICE 1. HOJA DE CÁLCULO PARA HALLAR LAS COORDENADAS DE LA SUPERFICIE DE UN VERTEDERO DE PERFIL TIPO CREAGER

### APÉNDICE 1.1. Diseño 1 ( $P/H_d = 3.00$ )

#### Carga de diseño.

Se define una carga de operación específica.

$$H = 0.10 \text{ m}$$

Para cuando la carga de operación es igual a la carga de diseño.

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

Entonces la carga de diseño es:

$$H_d = 0.1 \text{ m}$$

#### Coefficiente de descarga.

El coeficiente de descarga  $C$ , adquiere el valor de  $C_o$ .

$$C = C_o$$

Depende de la profundidad.

$$P = 0.30 \text{ m}$$

La relación entre la profundidad y la carga de diseño es:

$$\frac{P}{H_d} = 3$$

Considerando que el parámetro aguas arriba es vertical, se obtiene  $C_o$  de la Figura 5-2.

$$C_o = 2.181$$

#### Corrección si la carga es diferente a la de diseño.

Se define la carga de operación.

$$H = 0.10 \text{ m}$$

La relación entre la carga de operación y la carga de diseño es:

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

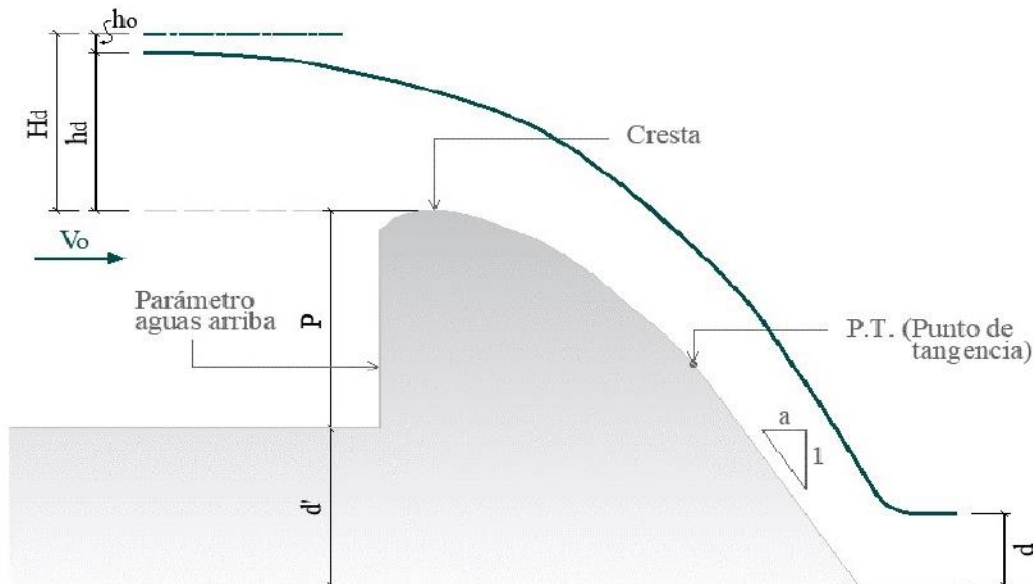
La relación de coeficientes se obtiene de la Figura 5-3.

$$\frac{C}{C_o} = 1$$

Entonces, el valor corregido del coeficiente de descarga es:

$$C = 2.181$$

**Corrección por la elevación relativa del piso y superficie libre aguas abajo.**



Diferencia de nivel entre el canal aguas arriba y aguas abajo.

$$d' = 0.50 \text{ m}$$

Profundidad aguas abajo del vertedero.

$$d = 0.15 \text{ m}$$

Posición relativa del piso aguas abajo.

$$\frac{z}{H_d} = 9.00 \text{ m}$$

Grado de ahogamiento.

$$\frac{z-d}{H_d} = 7.50 \quad \text{m}$$

El coeficiente de descarga modificado por un porcentaje de reducción es:

$$C = 2.181$$

### Longitud efectiva de la cresta.

La longitud total de la cresta está limitada por el ancho del canal.

$$L = 0.457 \quad \text{m}$$

Coefficiente de contracción por efecto de estribos se obtiene según la Figura 5-8 y está en función al ángulo que forma el muro de acceso con la dirección del flujo.

$$\begin{aligned} \theta &= 0^\circ \\ Ka &= 0 \end{aligned}$$

Al no haber pilas intermedias, la longitud efectiva de la cresta tiene la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} Le &= L - 2(Ka + N Kp) H \\ Le &= L - 2 Ka H \\ Le &= 0.457 \quad \text{m} \end{aligned}$$

### Capacidad de descarga o caudal.

El caudal se obtiene utilizando la Ecuación (5-2).

$$\begin{aligned} Q &= C Le H^{3/2} \\ Q &= 0.0315 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q &= 31.52 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q &= \frac{Q}{Le} \\ q &= 0.0690 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

La velocidad de llegada se obtiene utilizando la Ecuación (5-3).

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{q}{P + H} \\ V_o &= 0.1724 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga máxima probable.

La carga máxima probable se obtiene multiplicando la carga de diseño por un factor de amplificación específico.

$$\text{factor de amplificación} = 1.33$$

$$\begin{aligned} H_{d \max} &= 1.33H_d \\ H_{d \max} &= 0.133 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el caudal máximo probable es:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= C Le H_{d \max}^{3/2} \\ Q_{\max} &= 0.0483 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q_{\max} &= 48.34 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \frac{Q_{\max}}{Le} \\ q_{\max} &= 0.1058 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

Con una respectiva velocidad de llegada.

$$\begin{aligned} V_{o \max} &= \frac{q_{\max}}{P + H_{d \max}} \\ V_{o \max} &= 0.2443 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga de velocidad.

Utilizando la velocidad de llegada con la carga de operación.

$$\begin{aligned} V_o &= 0.17242 \quad \text{m/s} \\ h_o &= \frac{V_o^2}{2g} \\ h_o &= 0.00152 \quad \text{m} \end{aligned}$$

La relación entre la carga de velocidad y la carga total de diseño.

$$\frac{h_o}{H_d} = 0.01515 \quad \text{m}$$

### Carga máxima probable.

La carga máxima probable se obtiene multiplicando la carga de diseño por un factor de amplificación específico.

$$\text{factor de amplificación} = 1.33$$

$$\begin{aligned} H_{d \max} &= 1.33H_d \\ H_{d \max} &= 0.133 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el caudal máximo probable es:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= C Le H_{d \max}^{3/2} \\ Q_{\max} &= 0.0483 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q_{\max} &= 48.34 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \frac{Q_{\max}}{Le} \\ q_{\max} &= 0.1058 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

Con una respectiva velocidad de llegada.

$$\begin{aligned} V_{o \max} &= \frac{q_{\max}}{P + H_{d \max}} \\ V_{o \max} &= 0.2443 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

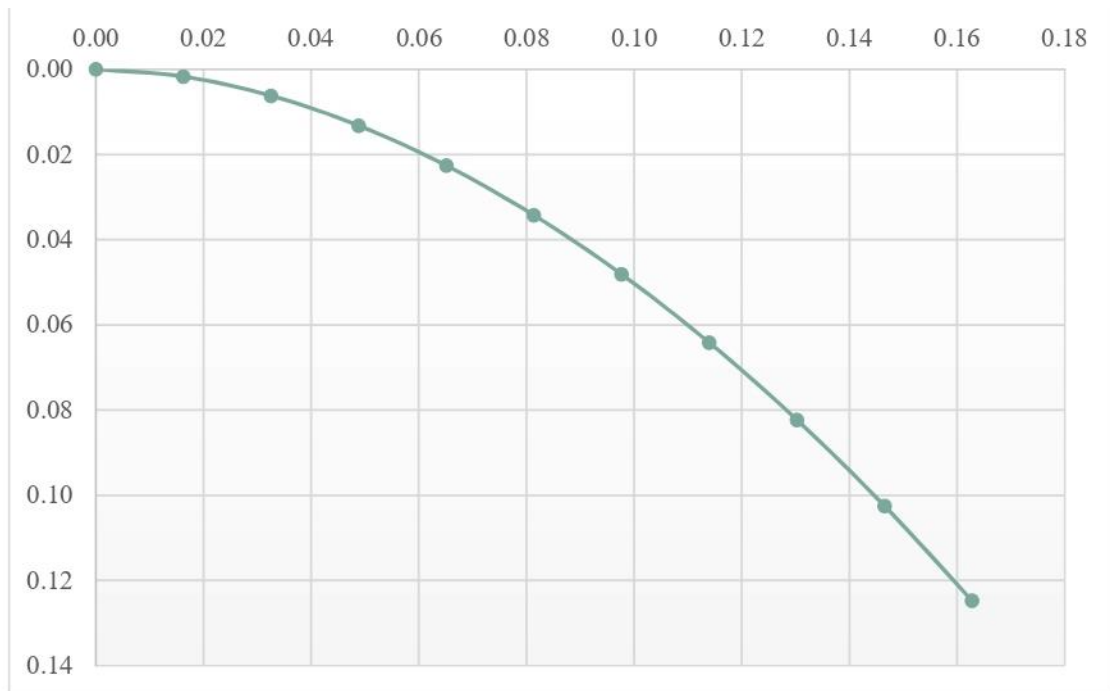
### Carga de velocidad.

Utilizando la velocidad de llegada con la carga de operación.

$$\begin{aligned} V_o &= 0.17242 \quad \text{m/s} \\ h_o &= \frac{V_o^2}{2g} \\ h_o &= 0.00152 \quad \text{m} \end{aligned}$$

La relación entre la carga de velocidad y la carga total de diseño.

$$\frac{h_o}{H_d} = 0.01515 \quad \text{m}$$



Se verifica que el talud a sea el menor de los últimos hallados.

**Cuadrante aguas arriba del vertedero.**

Para el perfil de la zona del cuadrante aguas arriba del vertedero se utiliza la Figura 5-16.

$$\begin{aligned}
 x_c &= 0.0276 \text{ m} \\
 y_c &= 0.0120 \text{ m} \\
 R_1 &= 0.0523 \text{ m} \\
 R_2 &= 0.0224 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Primera parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1' y 2'.

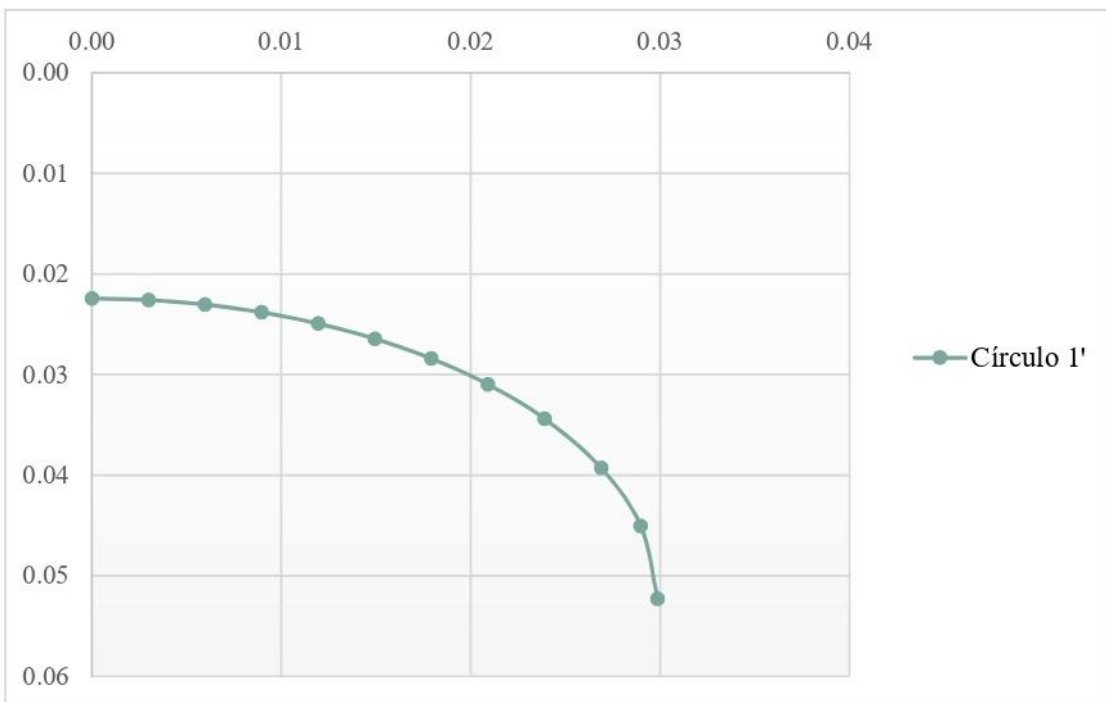
La diferencia de radios.

$$R_1 - R_2 = 0.0299 \text{ m}$$

Se ubican las coordenadas del círculo 1' en un cuadrante.

$$\begin{aligned}
 \text{Centro} & ( 0.0000 , 0.0523 ) \text{ m} \\
 \text{Radio} & 0.0299 \text{ m}
 \end{aligned}$$

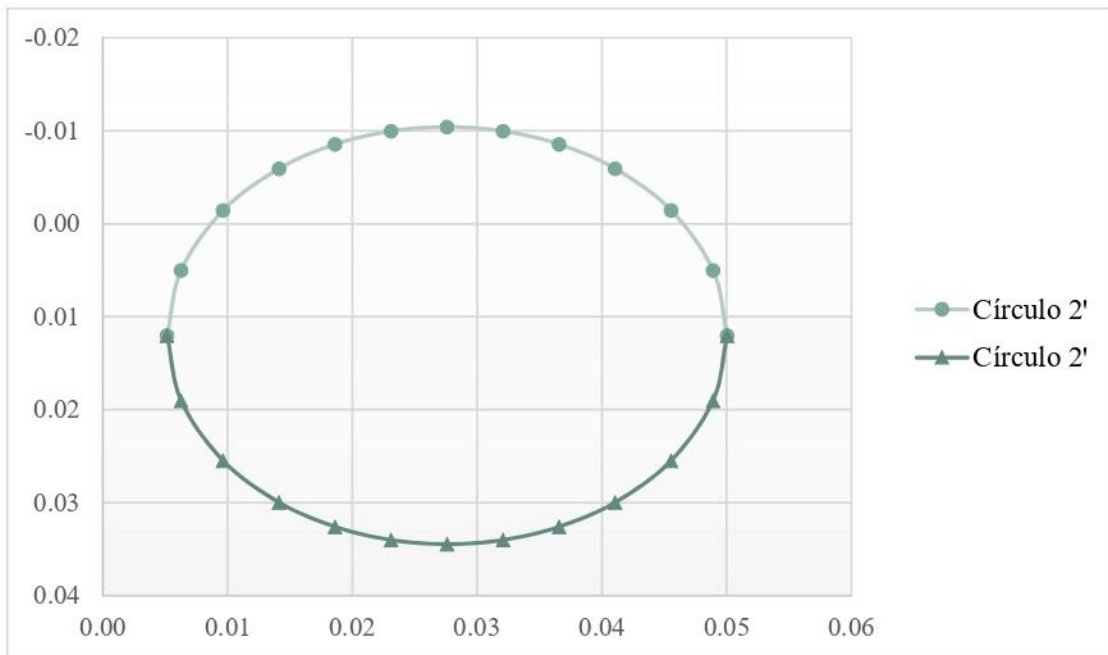
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.022
0.006	0.023
0.012	0.025
0.018	0.028
0.024	0.034
0.030	0.052



Se ubican las coordenadas del círculo 2' en dos cuadrantes.

Centro ( 0.0276 , 0.0120 ) m  
Radio 0.0224 m

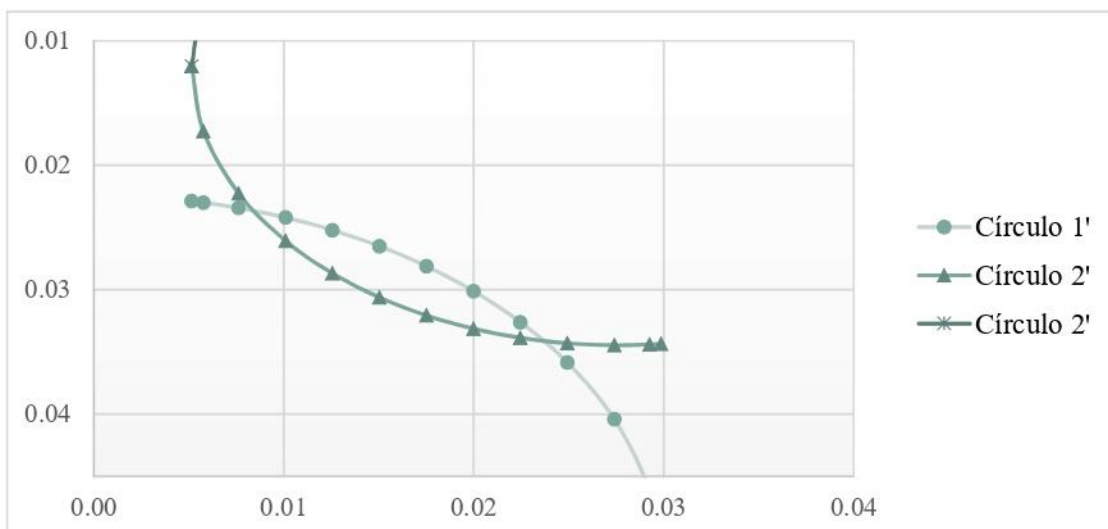
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.005	0.012	0.012
0.014	-0.006	0.030
0.023	-0.010	0.034
0.032	-0.010	0.034
0.041	-0.006	0.030
0.050	0.012	0.012



Luego, se busca la intersección entre las circunferencias mencionadas.

Con sus respectivas coordenadas.

Eje x Abcisas ( m )	Círculo 1'	Círculo 2'	
		Eje y Ordenadas ( m )	
0.005	0.023	0.012	0.012
0.010	0.024	0.026	-0.002
0.015	0.027	0.031	-0.007
0.020	0.030	0.033	-0.009
0.025	0.036	0.034	-0.010
0.030	0.052	0.034	-0.010



Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre los dos círculos son las siguientes:

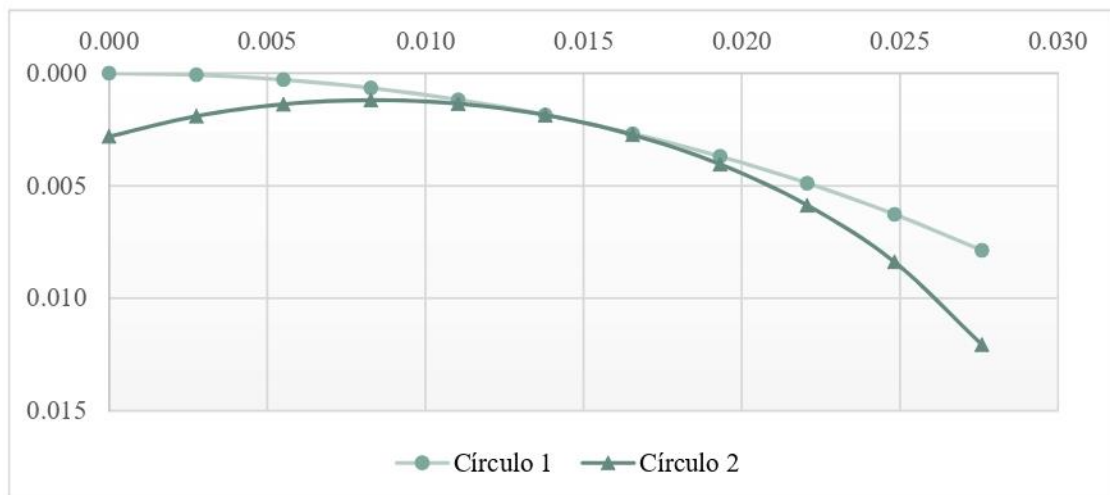
$$\begin{aligned} x &= 0.00837 \text{ m} \\ y &= 0.0236 \text{ m} \end{aligned}$$

**Segunda parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1 y 2.

Centro 1 ( 0.0000 , 0.0523 ) m  
Radio 1 0.0523 m

Centro 2 ( 0.0084 , 0.0236 ) m  
Radio 2 0.0224 m

	Círculo 1	Círculo 2
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.000	0.0000	0.0028
0.006	0.0003	0.0014
0.011	0.0012	0.0014
0.017	0.0027	0.0027
0.022	0.0049	0.0059
0.028	0.0079	0.0121

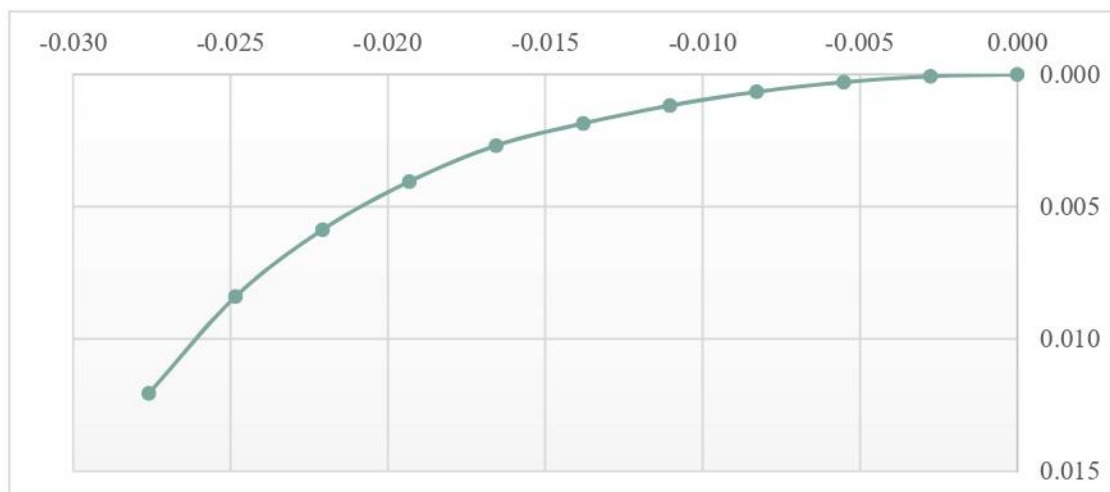


Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre ambos círculos es:

$$\begin{aligned} x &= 0.0193 \text{ m} \\ y &= 0.0037 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tercera parte:** Coordenadas finales del cuadrante aguas arriba del vertedero.

Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.0000
-0.003	0.0001
-0.006	0.0003
-0.008	0.0007
-0.011	0.0012
-0.014	0.0019
-0.017	0.0027
-0.019	0.0040
-0.022	0.0059
-0.025	0.0084
-0.028	0.0121



*APÉNDICE 1.2. Diseño 2 ( $P/H_d = 2.50$ )*

**Carga de diseño.**

Se define una carga de operación específica.

$$H = 0.125 \text{ m}$$

Para cuando la carga de operación es igual a la carga de diseño.

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

Entonces la carga de diseño es:

$$H_d = 0.125 \text{ m}$$

**Coefficiente de descarga.**

El coeficiente de descarga  $C$ , adquiere el valor de  $C_o$ .

$$C = C_o$$

Depende de la profundidad.

$$P = 0.3125 \text{ m}$$

La relación entre la profundidad y la carga de diseño es:

$$\frac{P}{H_d} = 2.5$$

Considerando que el parámetro aguas arriba es vertical, se obtiene  $C_o$  de la Figura 5-2.

$$C_o = 2.18$$

**Corrección si la carga es diferente a la de diseño.**

Se define la carga de operación.

$$H = 0.125 \text{ m}$$

La relación entre la carga de operación y la carga de diseño es:

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

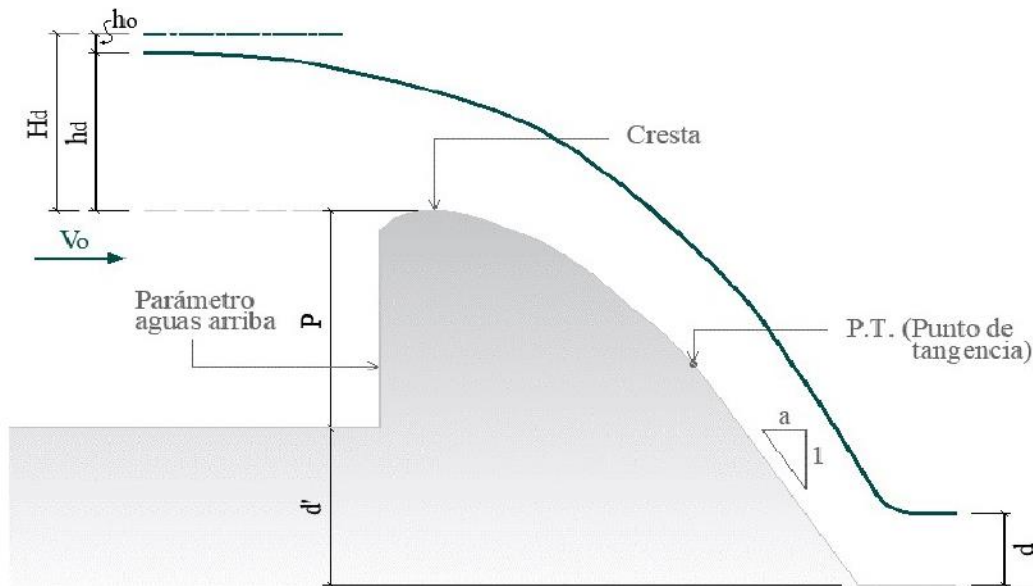
La relación de coeficientes se obtiene de la Figura 5-3.

$$\frac{C}{C_o} = 1$$

Entonces, el valor corregido del coeficiente de descarga es:

$$C = 2.18$$

**Corrección por la elevación relativa del piso y superficie libre aguas abajo.**



Diferencia de nivel entre el canal aguas arriba y aguas abajo.

$$d' = 0.50 \text{ m}$$

Profundidad aguas abajo del vertedero.

$$d = 0.15 \text{ m}$$

Posición relativa del piso aguas abajo.

$$\frac{z}{H_d} = 7.50 \text{ m}$$

Grado de ahogamiento.

$$\frac{z-d}{H_d} = 6.30 \quad \text{m}$$

El coeficiente de descarga modificado por un porcentaje de reducción es:

$$C = 2.18$$

### Longitud efectiva de la cresta.

La longitud total de la cresta está limitada por el ancho del canal.

$$L = 0.457 \quad \text{m}$$

Coefficiente de contracción por efecto de estribos se obtiene según la Figura 5-8 y está en función al ángulo que forma el muro de acceso con la dirección del flujo.

$$\begin{aligned} \theta &= 0^\circ \\ Ka &= 0 \end{aligned}$$

Al no haber pilas intermedias, la longitud efectiva de la cresta tiene la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} Le &= L - 2(Ka + N Kp) H \\ Le &= L - 2 Ka H \\ Le &= 0.457 \quad \text{m} \end{aligned}$$

### Capacidad de descarga o caudal.

El caudal se obtiene utilizando la Ecuación (5-2).

$$\begin{aligned} Q &= C Le H^{3/2} \\ Q &= 0.0440 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q &= 44.03 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q &= \frac{Q}{Le} \\ q &= 0.0963 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

La velocidad de llegada se obtiene utilizando la Ecuación (5-3).

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{q}{P + H} \\ V_o &= 0.2202 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga máxima probable.

La carga máxima probable se obtiene multiplicando la carga de diseño por un factor de amplificación específico.

$$\text{factor de amplificación} = 1.33$$

$$\begin{aligned} H_{d \max} &= 1.33H_d \\ H_{d \max} &= 0.166 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el caudal máximo probable es:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= C Le H_{d \max}^{3/2} \\ Q_{\max} &= 0.0675 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q_{\max} &= 67.53 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \frac{Q_{\max}}{Le} \\ q_{\max} &= 0.1478 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

Con una respectiva velocidad de llegada.

$$\begin{aligned} V_{o \max} &= \frac{q_{\max}}{P + H_{d \max}} \\ V_{o \max} &= 0.3087 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga de velocidad.

Utilizando la velocidad de llegada con la carga de operación.

$$\begin{aligned} V_o &= 0.22021 \quad \text{m/s} \\ h_o &= \frac{V_o^2}{2g} \\ h_o &= 0.00247 \quad \text{m} \end{aligned}$$

La relación entre la carga de velocidad y la carga total de diseño.

$$\frac{h_o}{H_d} = 0.01977 \quad \text{m}$$

**Perfil del vertedero.**

**Cuadrante aguas abajo del vertedero.**

Según la ecuación general para el perfil de la zona del cuadrante aguas abajo del vertedero.

$$\frac{y}{H_d} = k \left( \frac{x}{H_d} \right)^N$$

Los coeficientes experimentales  $k$  y  $N$  dependen del talud del parámetro aguas arriba y de la profundidad del canal de acceso y se muestran en las Figuras 5-14 y 5-15.

$$\begin{aligned} k &= 0.5040 \\ N &= 1.8616 \end{aligned}$$

Depende del ángulo de inclinación final de la parábola a partir del cual se mantiene recto.

$$a = 0.700$$

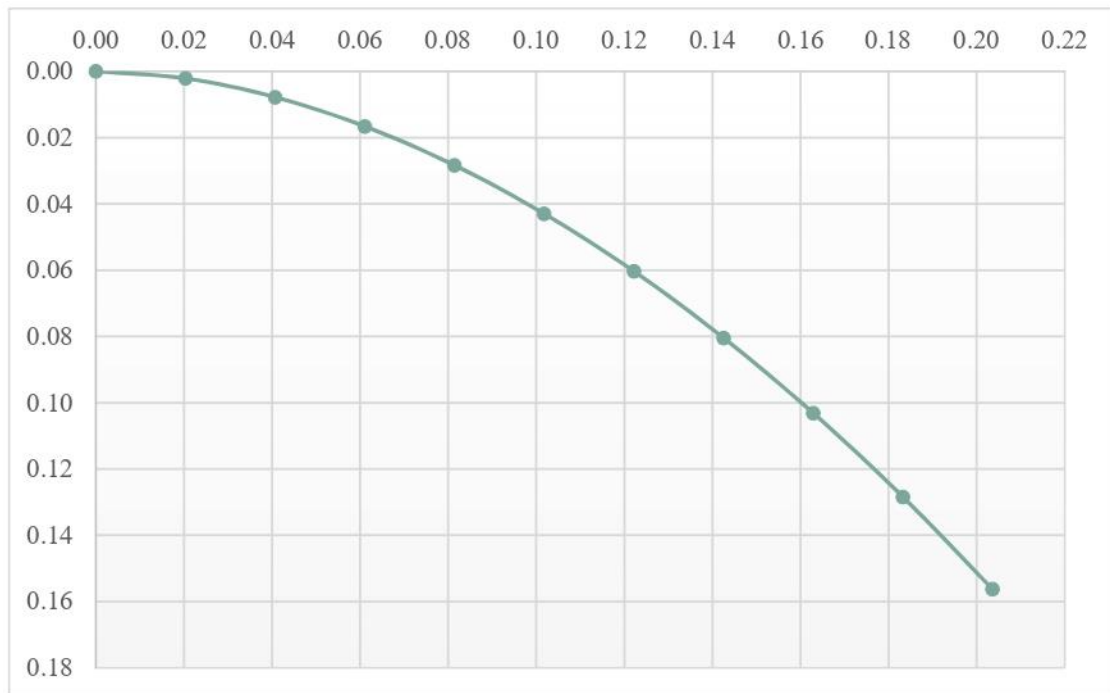
El perfil del vertedero tiene forma parabólica hasta el punto de tangencia.

$$\begin{aligned} x_t &= \frac{H_d}{(kaN)^{1/N-1}} \\ x_t &= 0.2036 \text{ m} \end{aligned}$$

Se proponen valores en el eje de las abscisas para hallar los resultantes respectivos en el eje de las ordenadas.

Eje x Abscisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.000
0.020	0.002
0.041	0.008
0.061	0.017
0.081	0.028
0.102	0.043
0.122	0.060
0.143	0.080
0.163	0.103
0.183	0.128
0.204	0.156

→ Punto de Tangencia



Se verifica que el talud a sea el menor de los últimos hallados.

#### Cuadrante aguas arriba del vertedero.

Para el perfil de la zona del cuadrante aguas arriba del vertedero se utiliza la Figura 5-16.

$$\begin{aligned}
 x_c &= 0.0342 \text{ m} \\
 y_c &= 0.0148 \text{ m} \\
 R_1 &= 0.0650 \text{ m} \\
 R_2 &= 0.0276 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Primera parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1' y 2'.

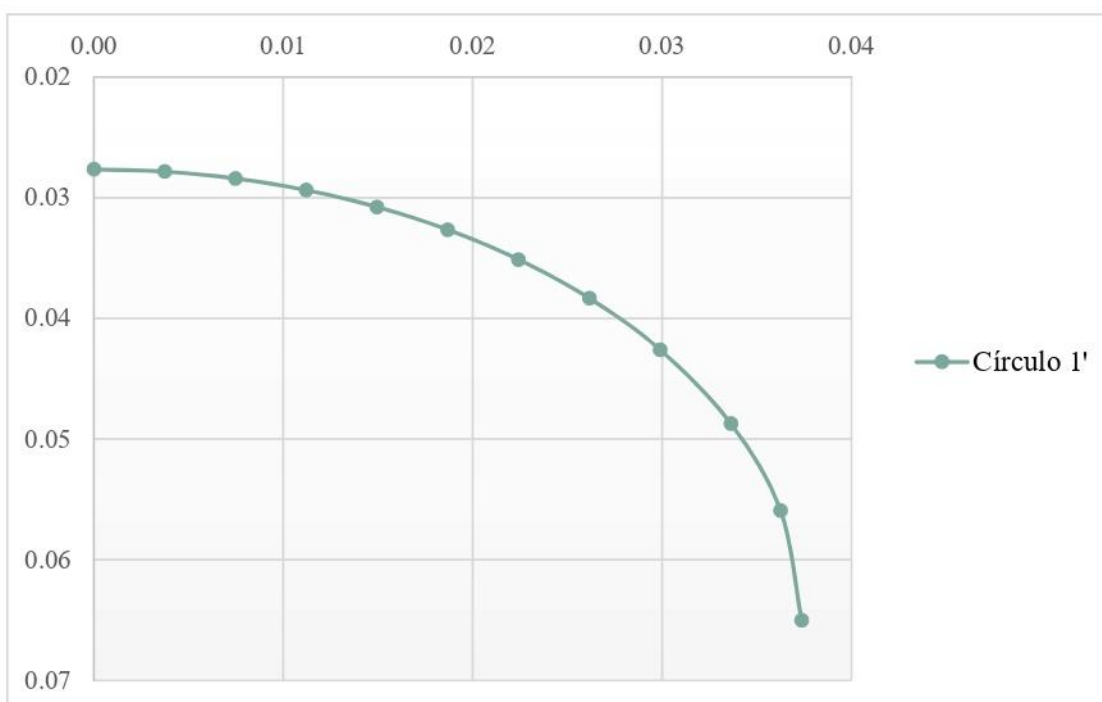
La diferencia de radios.

$$R_1 - R_2 = 0.0374 \text{ m}$$

Se ubican las coordenadas del círculo 1' en un cuadrante.

$$\begin{aligned}
 \text{Centro} & \left( 0.0000, 0.0650 \right) \text{ m} \\
 \text{Radio} & 0.0374 \text{ m}
 \end{aligned}$$

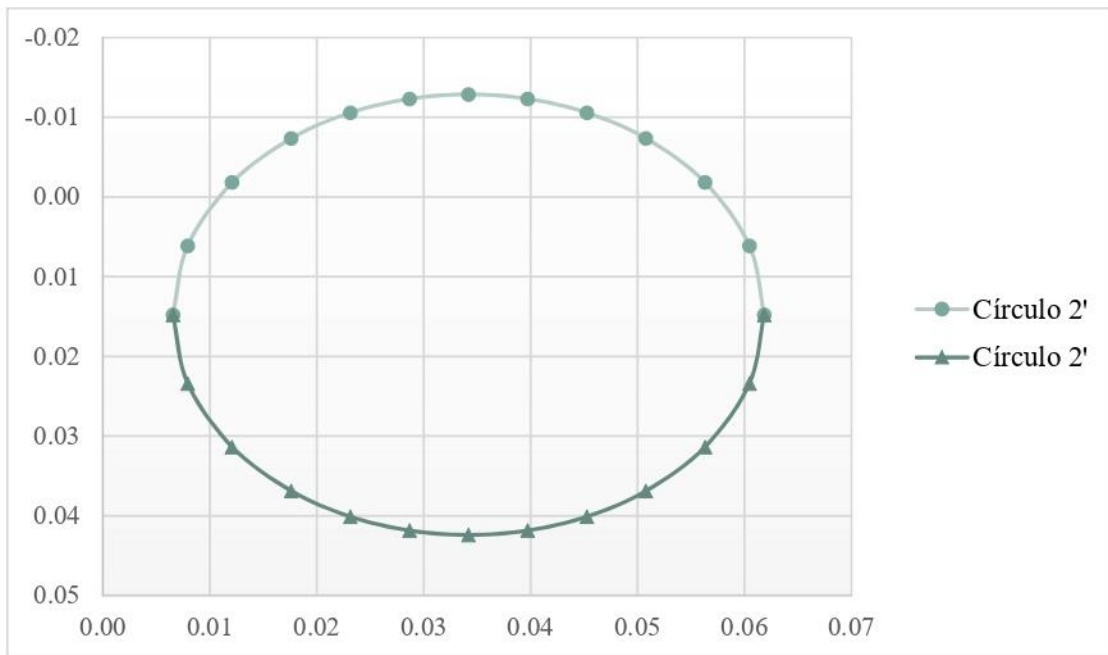
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.028
0.007	0.028
0.015	0.031
0.022	0.035
0.030	0.043
0.037	0.065



Se ubican las coordenadas del círculo 2' en dos cuadrantes.

Centro ( 0.0342 , 0.0148 ) m  
Radio 0.0276 m

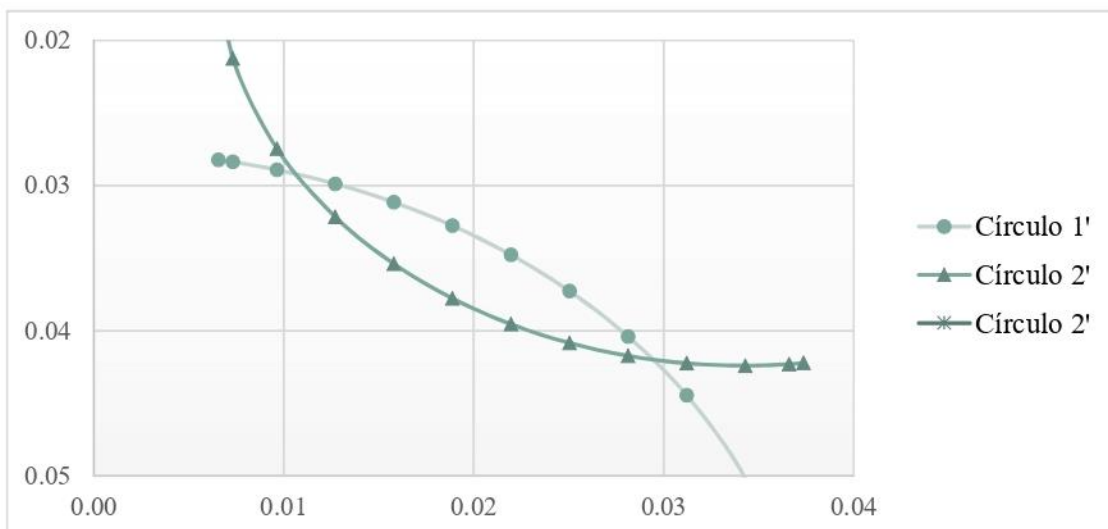
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.007	0.015	0.015
0.018	-0.007	0.037
0.029	-0.012	0.042
0.040	-0.012	0.042
0.051	-0.007	0.037
0.062	0.015	0.015



Luego, se busca la intersección entre las circunferencias mencionadas.

Con sus respectivas coordenadas.

Eje x Abcisas ( m )	Círculo 1'	Círculo 2'	
		Eje y Ordenadas ( m )	
0.007	0.028	0.015	0.015
0.013	0.030	0.032	-0.003
0.019	0.033	0.038	-0.008
0.025	0.037	0.041	-0.011
0.031	0.044	0.042	-0.013
0.037	0.065	0.042	-0.013



Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre los dos círculos son las siguientes:

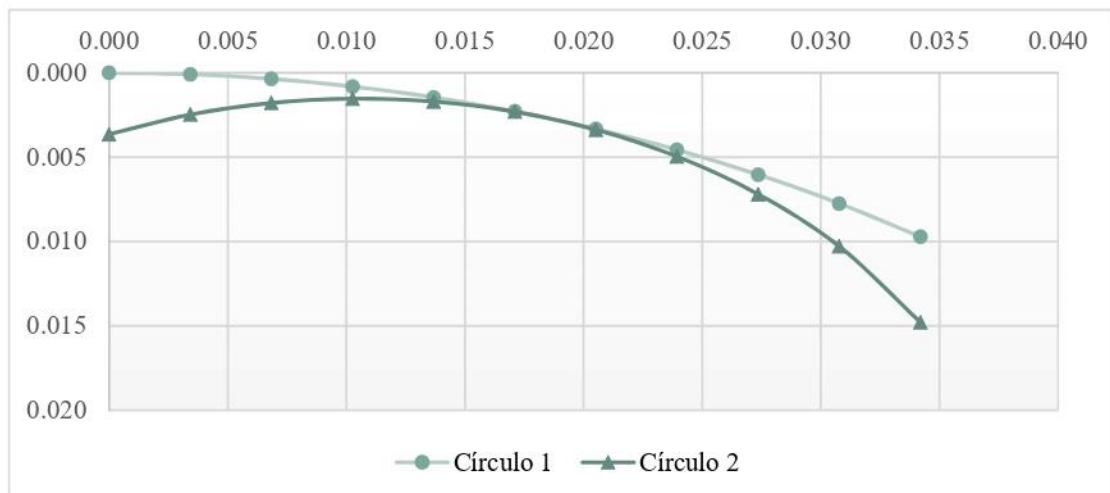
$$\begin{aligned} x &= 0.01059 \text{ m} \\ y &= 0.0292 \text{ m} \end{aligned}$$

**Segunda parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1 y 2.

Centro 1 ( 0.0000 , 0.0650 ) m  
Radio 1 0.0650 m

Centro 2 ( 0.0106 , 0.0292 ) m  
Radio 2 0.0276 m

	Círculo 1	Círculo 2
Eje x Abscisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.000	0.0000	0.0036
0.007	0.0004	0.0018
0.014	0.0015	0.0017
0.021	0.0033	0.0034
0.027	0.0060	0.0072
0.034	0.0097	0.0148

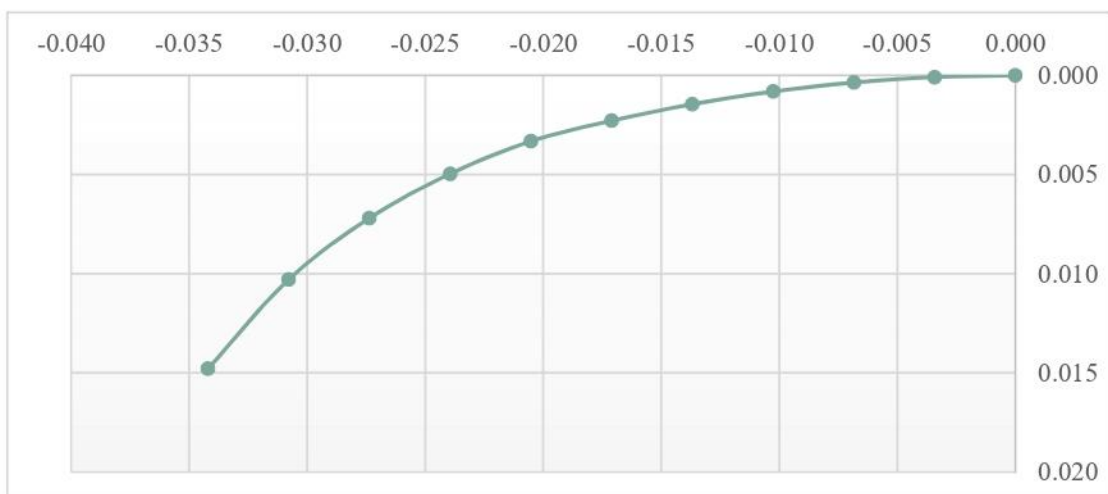


Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre ambos círculos es:

$$\begin{aligned} x &= 0.0239 \text{ m} \\ y &= 0.0046 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tercera parte:** Coordenadas finales del cuadrante aguas arriba del vertedero.

Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.0000
-0.003	0.0001
-0.007	0.0004
-0.010	0.0008
-0.014	0.0015
-0.017	0.0023
-0.021	0.0033
-0.024	0.0050
-0.027	0.0072
-0.031	0.0103
-0.034	0.0148



**APÉNDICE 1.3. Diseño 3 ( $P/H_d = 2.00$ )**

**Carga de diseño.**

Se define una carga de operación específica.

$$H = 0.125 \text{ m}$$

Para cuando la carga de operación es igual a la carga de diseño.

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

Entonces la carga de diseño es:

$$H_d = 0.125 \text{ m}$$

**Coefficiente de descarga.**

El coeficiente de descarga  $C$ , adquiere el valor de  $C_o$ .

$$C = C_o$$

Depende de la profundidad.

$$P = 0.2500 \text{ m}$$

La relación entre la profundidad y la carga de diseño es:

$$\frac{P}{H_d} = 2$$

Considerando que el parámetro aguas arriba es vertical, se obtiene  $C_o$  de la Figura 5-2.

$$C_o = 2.173$$

**Corrección si la carga es diferente a la de diseño.**

Se define la carga de operación.

$$H = 0.125 \text{ m}$$

La relación entre la carga de operación y la carga de diseño es:

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

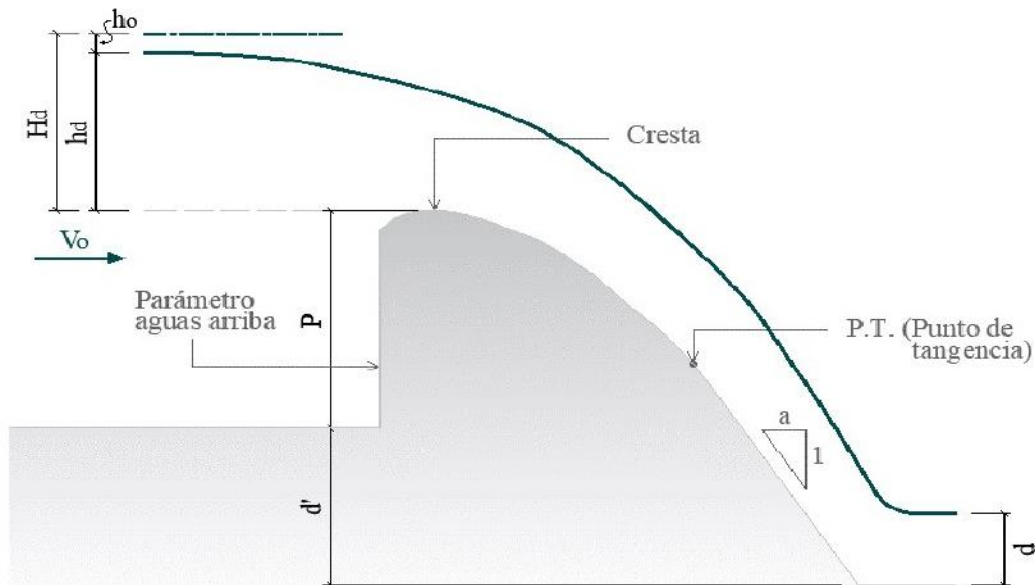
La relación de coeficientes se obtiene de la Figura 5-3.

$$\frac{C}{C_o} = 1$$

Entonces, el valor corregido del coeficiente de descarga es:

$$C = 2.173$$

**Corrección por la elevación relativa del piso y superficie libre aguas abajo.**



Diferencia de nivel entre el canal aguas arriba y aguas abajo.

$$d' = 0.50 \text{ m}$$

Profundidad aguas abajo del vertedero.

$$d = 0.15 \text{ m}$$

Posición relativa del piso aguas abajo.

$$\frac{z}{H_d} = 7.00 \text{ m}$$

Grado de ahogamiento.

$$\frac{z-d}{H_d} = 5.80 \quad \text{m}$$

El coeficiente de descarga modificado por un porcentaje de reducción es:

$$C = 2.173$$

### Longitud efectiva de la cresta.

La longitud total de la cresta está limitada por el ancho del canal.

$$L = 0.457 \quad \text{m}$$

Coeficiente de contracción por efecto de estribos se obtiene según la Figura 5-8 y está en función al ángulo que forma el muro de acceso con la dirección del flujo.

$$\begin{aligned} \theta &= 0^\circ \\ K_a &= 0 \end{aligned}$$

Al no haber pilas intermedias, la longitud efectiva de la cresta tiene la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} L_e &= L - 2 (K_a + N K_p) H \\ L_e &= L - 2 K_a H \\ L_e &= 0.457 \quad \text{m} \end{aligned}$$

### Capacidad de descarga o caudal.

El caudal se obtiene utilizando la Ecuación (5-2).

$$\begin{aligned} Q &= C L_e H^{3/2} \\ Q &= 0.0439 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q &= 43.89 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q &= \frac{Q}{L_e} \\ q &= 0.0960 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

La velocidad de llegada se obtiene utilizando la Ecuación (5-3).

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{q}{P+H} \\ V_o &= 0.2561 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga máxima probable.

La carga máxima probable se obtiene multiplicando la carga de diseño por un factor de amplificación específico.

$$\text{factor de amplificación} = 1.33$$

$$\begin{aligned} H_{d \max} &= 1.33H_d \\ H_{d \max} &= 0.166 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el caudal máximo probable es:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= C Le H_{d \max}^{3/2} \\ Q_{\max} &= 0.0673 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q_{\max} &= 67.32 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \frac{Q_{\max}}{Le} \\ q_{\max} &= 0.1473 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

Con una respectiva velocidad de llegada.

$$\begin{aligned} V_{o \max} &= \frac{q_{\max}}{P + H_{d \max}} \\ V_{o \max} &= 0.3539 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga de velocidad.

Utilizando la velocidad de llegada con la carga de operación.

$$\begin{aligned} V_o &= 0.25609 \quad \text{m/s} \\ h_o &= \frac{V_o^2}{2g} \\ h_o &= 0.00334 \quad \text{m} \end{aligned}$$

La relación entre la carga de velocidad y la carga total de diseño.

$$\frac{h_o}{H_d} = 0.02674 \quad \text{m}$$

## Perfil del vertedero.

### Cuadrante aguas abajo del vertedero.

Según la ecuación general para el perfil de la zona del cuadrante aguas abajo del vertedero.

$$\frac{y}{H_d} = k \left( \frac{x}{H_d} \right)^N$$

Los coeficientes experimentales  $k$  y  $N$  dependen del talud del parámetro aguas arriba y de la profundidad del canal de acceso y se muestran en las Figuras 5-14 y 5-15.

$$\begin{aligned} k &= 0.5053 \\ N &= 1.8581 \end{aligned}$$

Depende del ángulo de inclinación final de la parábola a partir del cual se mantiene recto.

$$a = 0.700$$

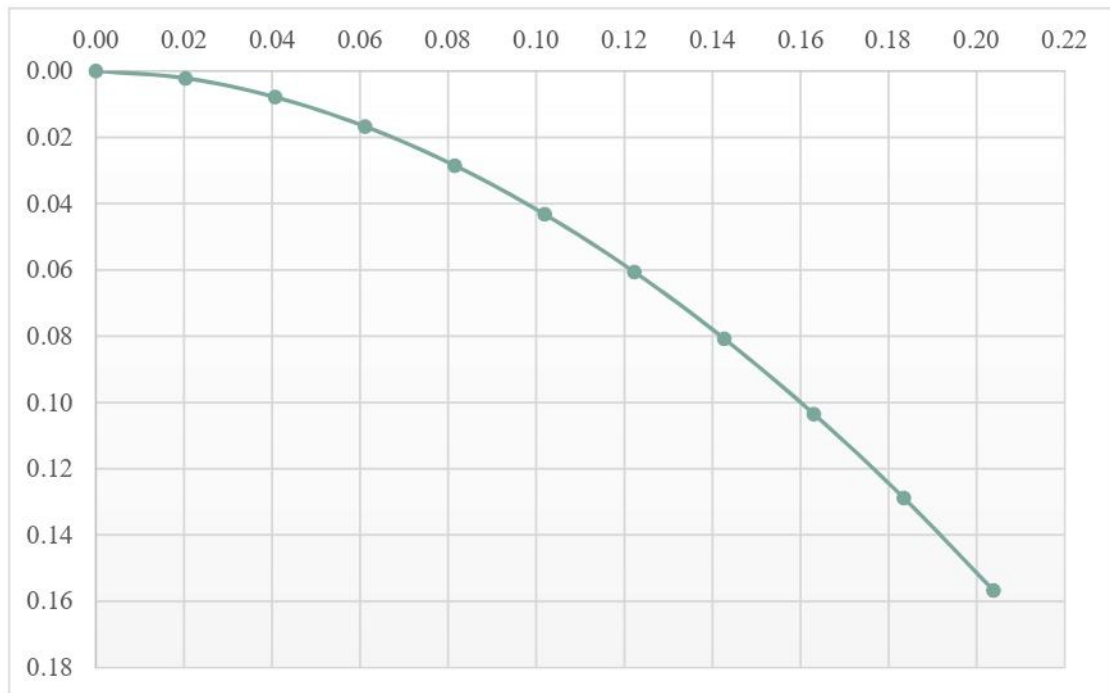
El perfil del vertedero tiene forma parabólica hasta el punto de tangencia.

$$\begin{aligned} x_t &= \frac{H_d}{(kaN)^{1/N-1}} \\ x_t &= 0.2038 \text{ m} \end{aligned}$$

Se proponen valores en el eje de las abscisas para hallar los resultantes respectivos en el eje de las ordenadas.

Eje x Abscisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.000
0.020	0.002
0.041	0.008
0.061	0.017
0.082	0.029
0.102	0.043
0.122	0.061
0.143	0.081
0.163	0.104
0.183	0.129
0.204	0.157

→ Punto de Tangencia



Se verifica que el talud a sea el menor de los últimos hallados.

#### Cuadrante aguas arriba del vertedero.

Para el perfil de la zona del cuadrante aguas arriba del vertedero se utiliza la Figura 5-16.

$$\begin{aligned} x_c &= 0.0337 \text{ m} \\ y_c &= 0.0144 \text{ m} \\ R_1 &= 0.0645 \text{ m} \\ R_2 &= 0.0273 \text{ m} \end{aligned}$$

**Primera parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1' y 2'.

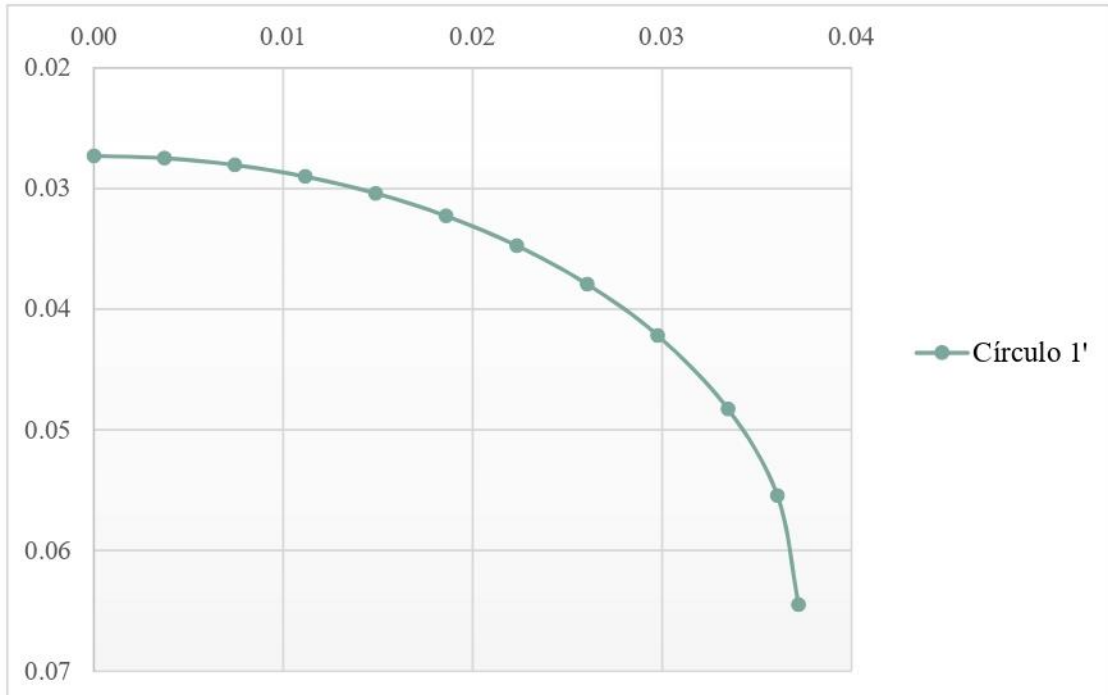
La diferencia de radios.

$$R_1 - R_2 = 0.0372 \text{ m}$$

Se ubican las coordenadas del círculo 1' en un cuadrante.

$$\begin{aligned} \text{Centro} & \left( 0.0000, 0.0645 \right) \text{ m} \\ \text{Radio} & 0.0372 \text{ m} \end{aligned}$$

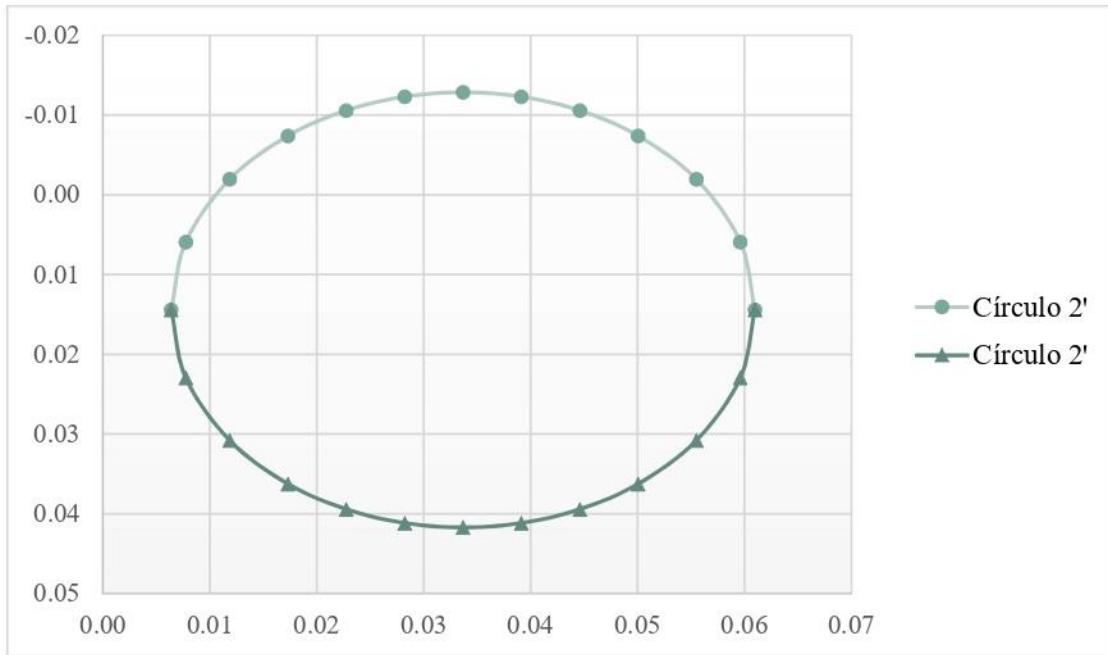
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.027
0.007	0.028
0.015	0.030
0.022	0.035
0.030	0.042
0.037	0.064



Se ubican las coordenadas del círculo 2' en dos cuadrantes.

Centro ( 0.0337 , 0.0144 ) m  
Radio 0.0273 m

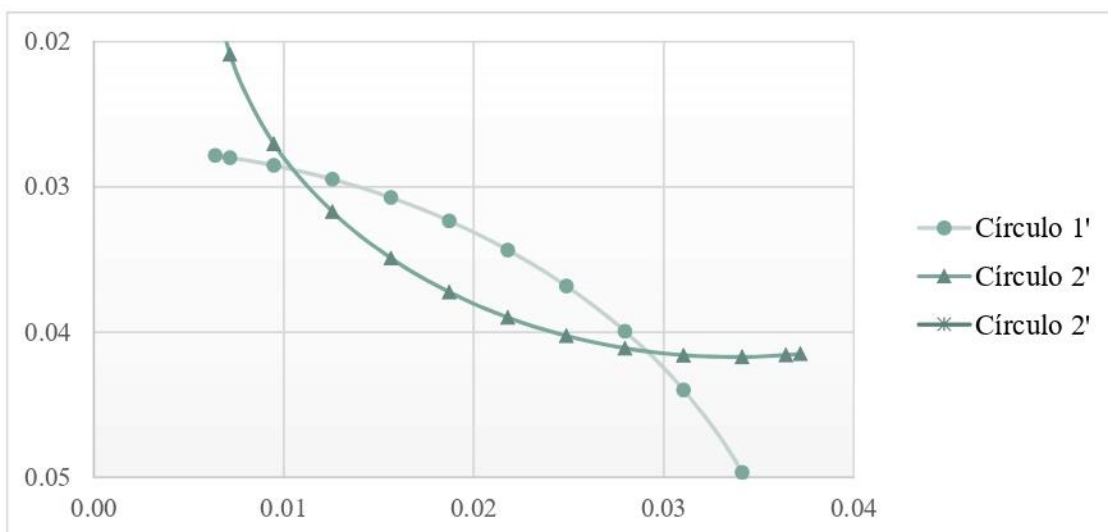
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.006	0.014	0.014
0.017	-0.007	0.036
0.028	-0.012	0.041
0.039	-0.012	0.041
0.050	-0.007	0.036
0.061	0.014	0.014



Luego, se busca la intersección entre las circunferencias mencionadas.

Con sus respectivas coordenadas.

Eje x Abcisas ( m )	Círculo 1'	Círculo 2'	
		Eje y Ordenadas ( m )	
0.006	0.028	0.014	0.014
0.013	0.029	0.032	-0.003
0.019	0.032	0.037	-0.008
0.025	0.037	0.040	-0.011
0.031	0.044	0.042	-0.013
0.037	0.064	0.041	-0.013



Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre los dos círculos son las siguientes:

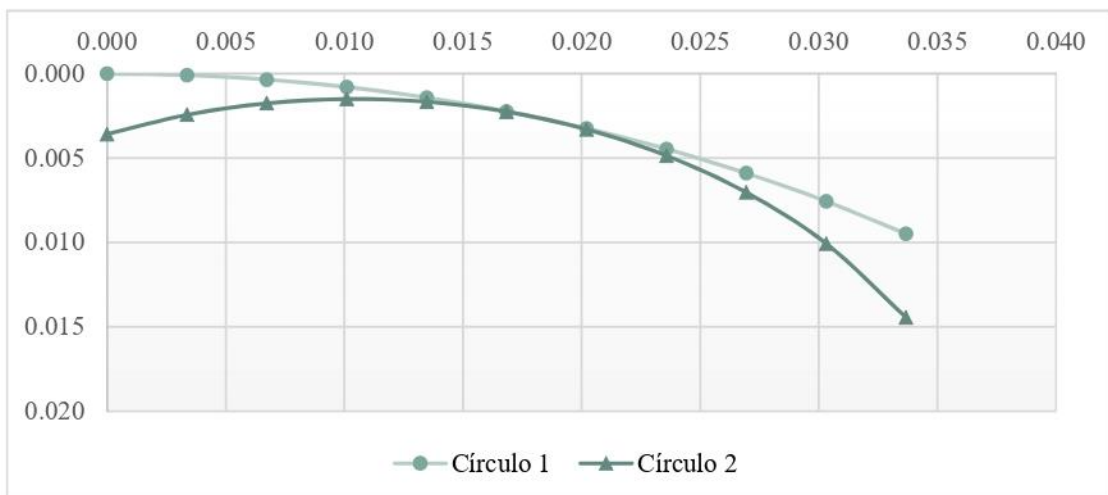
$$\begin{aligned} x &= 0.01046 \text{ m} \\ y &= 0.0288 \text{ m} \end{aligned}$$

**Segunda parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1 y 2.

$$\begin{aligned} \text{Centro 1} & \quad ( 0.0000 \quad , \quad 0.0645 \quad ) \text{ m} \\ \text{Radio 1} & \quad 0.0645 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Centro 2} & \quad ( 0.0105 \quad , \quad 0.0288 \quad ) \text{ m} \\ \text{Radio 2} & \quad 0.0273 \text{ m} \end{aligned}$$

	Círculo 1	Círculo 2
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.000	0.0000	0.0036
0.007	0.0004	0.0018
0.013	0.0014	0.0017
0.020	0.0032	0.0033
0.027	0.0059	0.0070
0.034	0.0095	0.0145

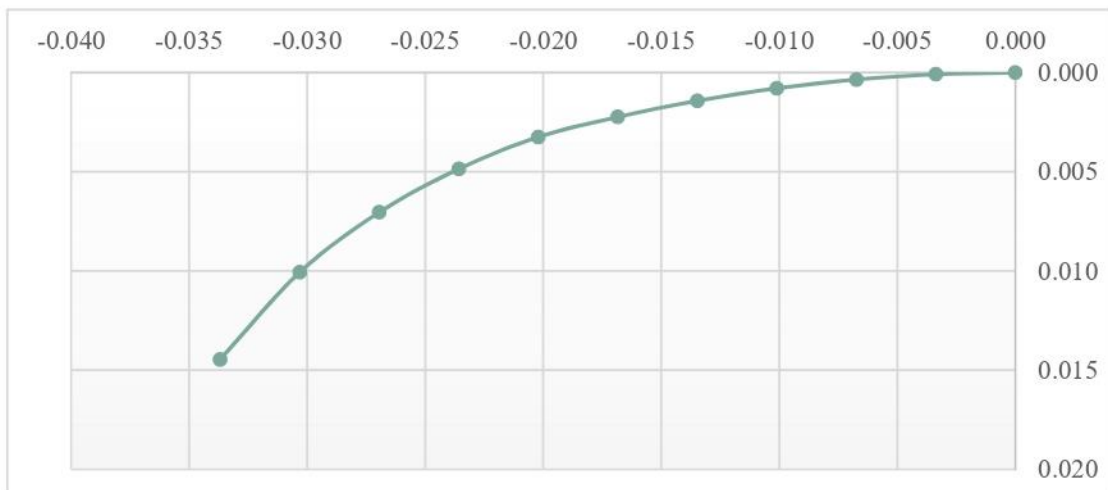


Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre ambos círculos es:

$$\begin{aligned} x &= 0.0236 \text{ m} \\ y &= 0.0045 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tercera parte:** Coordenadas finales del cuadrante aguas arriba del vertedero.

Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.0000
-0.003	0.0001
-0.007	0.0004
-0.010	0.0008
-0.013	0.0014
-0.017	0.0022
-0.020	0.0032
-0.024	0.0049
-0.027	0.0070
-0.030	0.0101
-0.034	0.0145



**APÉNDICE 1.4. Diseño 4 ( $P/H_d = 1.50$ )**

**Carga de diseño.**

Se define una carga de operación específica.

$$H = 0.15 \text{ m}$$

Para cuando la carga de operación es igual a la carga de diseño.

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

Entonces la carga de diseño es:

$$H_d = 0.15 \text{ m}$$

**Coefficiente de descarga.**

El coeficiente de descarga C, adquiere el valor de  $C_o$ .

$$C = C_o$$

Depende de la profundidad.

$$P = 0.225 \text{ m}$$

La relación entre la profundidad y la carga de diseño es:

$$\frac{P}{H_d} = 1.5$$

Considerando que el parámetro aguas arriba es vertical, se obtiene  $C_o$  de la Figura 5-2.

$$C_o = 2.161$$

**Corrección si la carga es diferente a la de diseño.**

Se define la carga de operación.

$$H = 0.15 \text{ m}$$

La relación entre la carga de operación y la carga de diseño es:

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

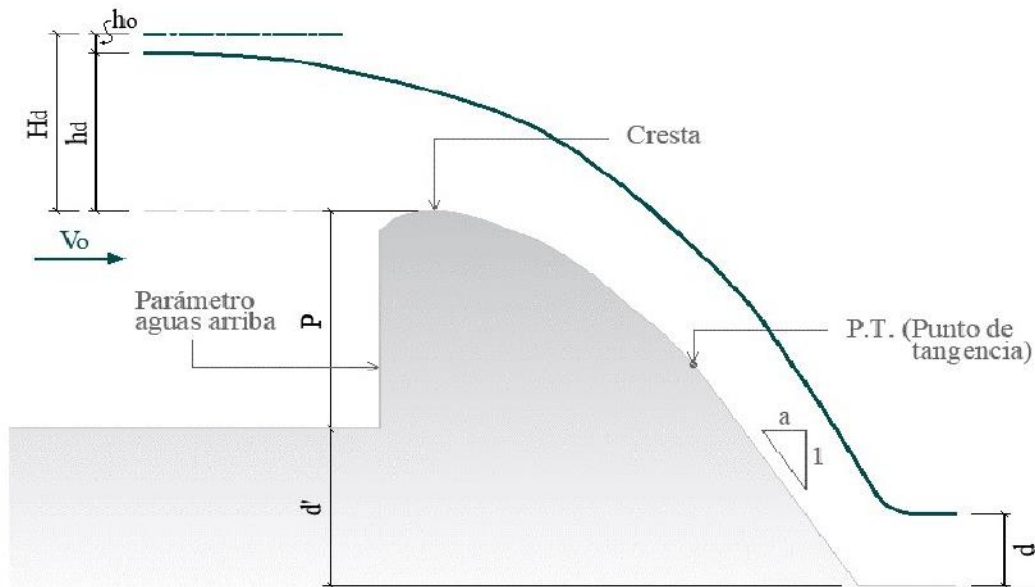
La relación de coeficientes se obtiene de la Figura 5-3.

$$\frac{C}{C_o} = 1$$

Entonces, el valor corregido del coeficiente de descarga es:

$$C = 2.161$$

**Corrección por la elevación relativa del piso y superficie libre aguas abajo.**



Diferencia de nivel entre el canal aguas arriba y aguas abajo.

$$d' = 0.50 \text{ m}$$

Profundidad aguas abajo del vertedero.

$$d = 0.15 \text{ m}$$

Posición relativa del piso aguas abajo.

$$\frac{z}{H_d} = 5.83 \text{ m}$$

Grado de ahogamiento.

$$\frac{z-d}{H_d} = 4.83 \quad \text{m}$$

El coeficiente de descarga modificado por un porcentaje de reducción es:

$$C = 2.161$$

### Longitud efectiva de la cresta.

La longitud total de la cresta está limitada por el ancho del canal.

$$L = 0.457 \quad \text{m}$$

Coeficiente de contracción por efecto de estribos se obtiene según la Figura 5-8 y está en función al ángulo que forma el muro de acceso con la dirección del flujo.

$$\begin{aligned} \theta &= 0^\circ \\ K_a &= 0 \end{aligned}$$

Al no haber pilas intermedias, la longitud efectiva de la cresta tiene la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} L_e &= L - 2 (K_a + N K_p) H \\ L_e &= L - 2 K_a H \\ L_e &= 0.457 \quad \text{m} \end{aligned}$$

### Capacidad de descarga o caudal.

El caudal se obtiene utilizando la Ecuación (5-2).

$$\begin{aligned} Q &= C L_e H^{3/2} \\ Q &= 0.0574 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q &= 57.37 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q &= \frac{Q}{L_e} \\ q &= 0.1255 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

La velocidad de llegada se obtiene utilizando la Ecuación (5-3).

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{q}{P+H} \\ V_o &= 0.3348 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga máxima probable.

La carga máxima probable se obtiene multiplicando la carga de diseño por un factor de amplificación específico.

$$\text{factor de amplificación} = 1.33$$

$$\begin{aligned} H_{d \max} &= 1.33H_d \\ H_{d \max} &= 0.200 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el caudal máximo probable es:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= C Le H_{d \max}^{3/2} \\ Q_{\max} &= 0.0880 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q_{\max} &= 88.00 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \frac{Q_{\max}}{Le} \\ q_{\max} &= 0.1926 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

Con una respectiva velocidad de llegada.

$$\begin{aligned} V_{o \max} &= \frac{q_{\max}}{P + H_{d \max}} \\ V_{o \max} &= 0.4536 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga de velocidad.

Utilizando la velocidad de llegada con la carga de operación.

$$V_o = 0.33478 \quad \text{m/s}$$

$$\begin{aligned} h_o &= \frac{V_o^2}{2g} \\ h_o &= 0.00571 \quad \text{m} \end{aligned}$$

La relación entre la carga de velocidad y la carga total de diseño.

$$\frac{h_o}{H_d} = 0.03808 \quad \text{m}$$

## Perfil del vertedero.

### Cuadrante aguas abajo del vertedero.

Según la ecuación general para el perfil de la zona del cuadrante aguas abajo del vertedero.

$$\frac{y}{H_d} = k \left( \frac{x}{H_d} \right)^N$$

Los coeficientes experimentales  $k$  y  $N$  dependen del talud del parámetro aguas arriba y de la profundidad del canal de acceso y se muestran en las Figuras 5-14 y 5-15.

$$\begin{aligned} k &= 0.5076 \\ N &= 1.8525 \end{aligned}$$

Depende del ángulo de inclinación final de la parábola a partir del cual se mantiene recto.

$$a = 0.700$$

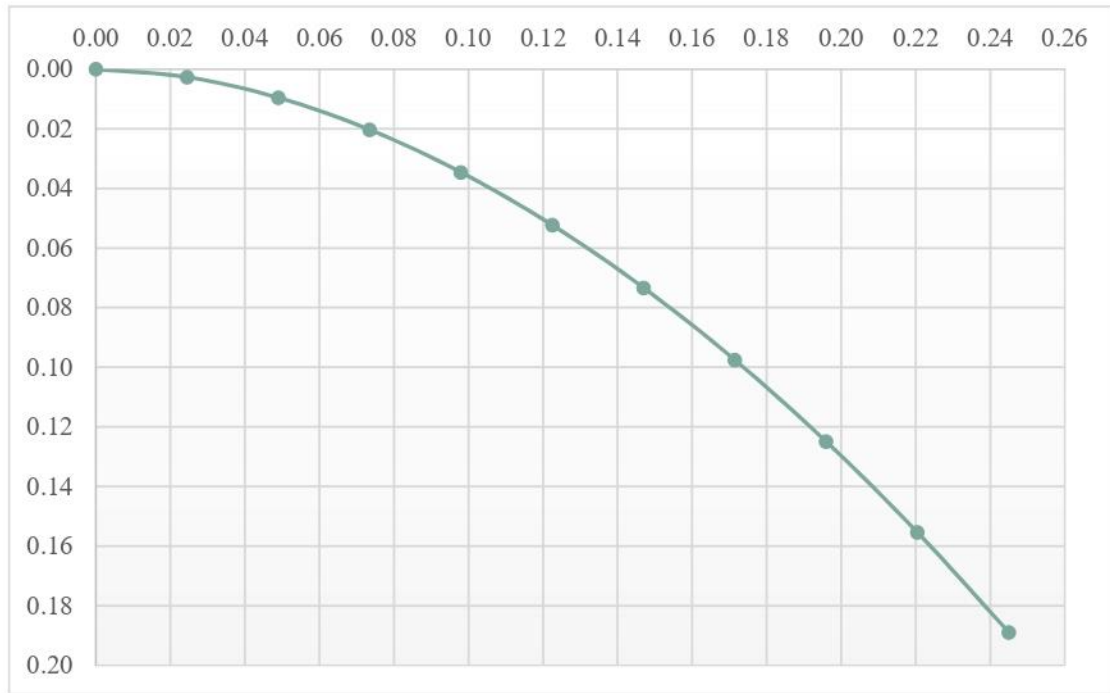
El perfil del vertedero tiene forma parabólica hasta el punto de tangencia.

$$\begin{aligned} x_t &= \frac{H_d}{(kaN)^{1/N-1}} \\ x_t &= 0.2450 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Se proponen valores en el eje de las abscisas para hallar los resultantes respectivos en el eje de las ordenadas.

Eje x Abscisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.000
0.024	0.003
0.049	0.010
0.073	0.020
0.098	0.035
0.122	0.052
0.147	0.073
0.171	0.098
0.196	0.125
0.220	0.155
0.245	0.189

→ Punto de Tangencia



Se verifica que el talud a sea el menor de los últimos hallados.

#### Cuadrante aguas arriba del vertedero.

Para el perfil de la zona del cuadrante aguas arriba del vertedero se utiliza la Figura 5-16.

$$\begin{aligned} x_c &= 0.0396 \text{ m} \\ y_c &= 0.0166 \text{ m} \\ R_1 &= 0.0765 \text{ m} \\ R_2 &= 0.0319 \text{ m} \end{aligned}$$

**Primera parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1' y 2'.

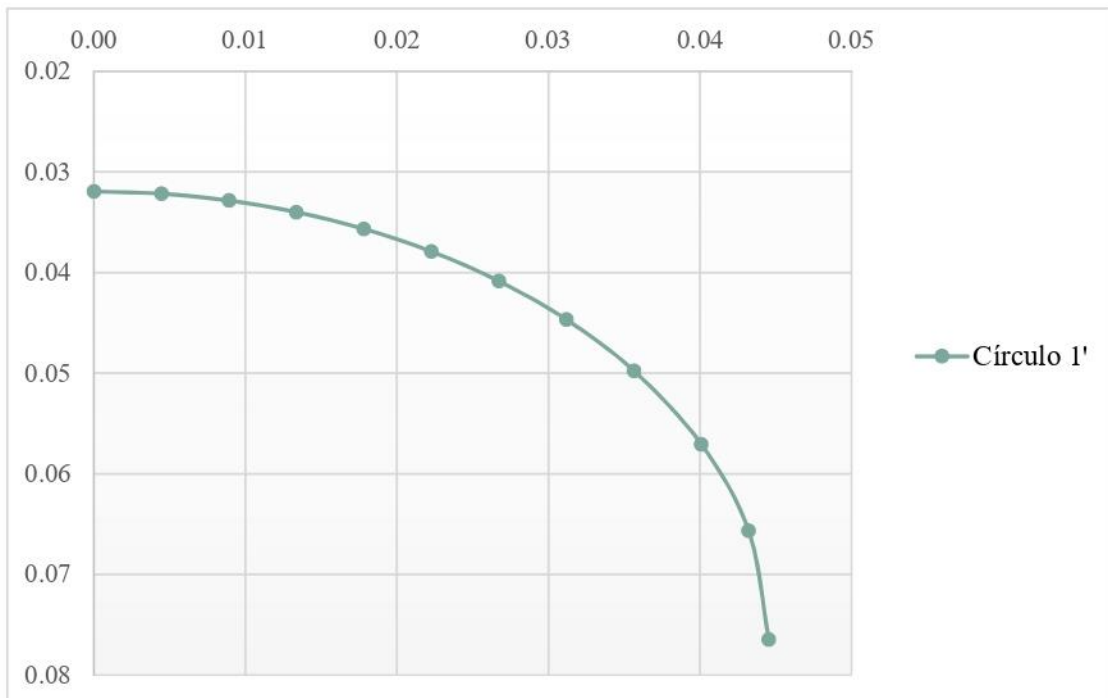
La diferencia de radios.

$$R_1 - R_2 = 0.0446 \text{ m}$$

Se ubican las coordenadas del círculo 1' en un cuadrante.

$$\begin{aligned} \text{Centro} & \left( 0.0000, 0.0765 \right) \text{ m} \\ \text{Radio} & 0.0446 \text{ m} \end{aligned}$$

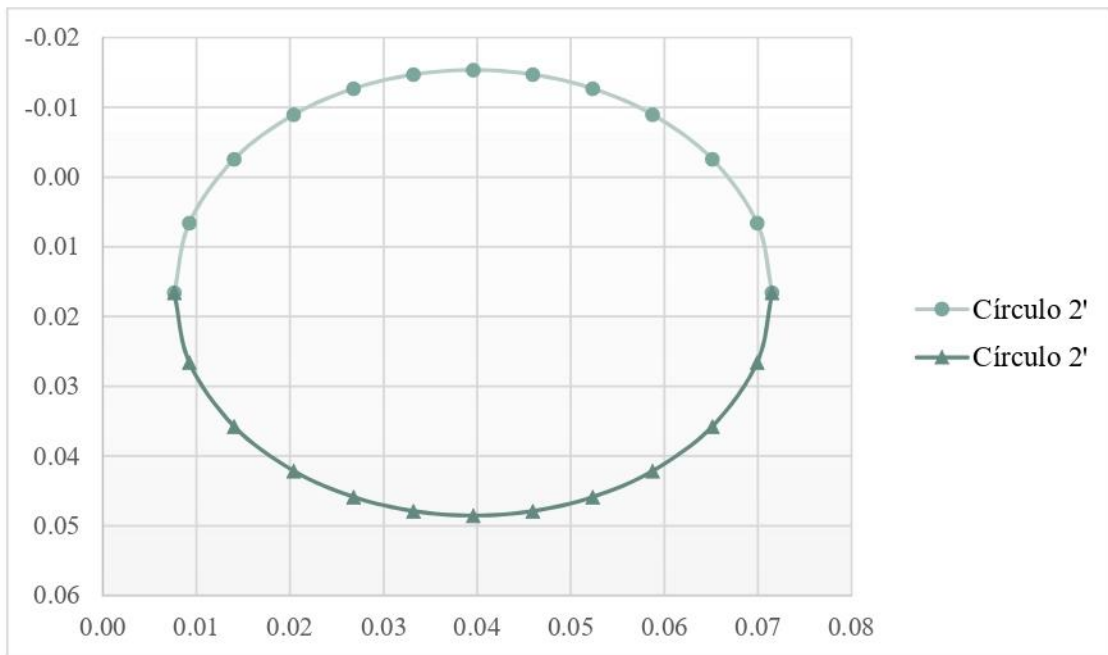
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.032
0.009	0.033
0.018	0.036
0.027	0.041
0.036	0.050
0.045	0.076



Se ubican las coordenadas del círculo 2' en dos cuadrantes.

Centro ( 0.0396 , 0.0166 ) m  
Radio 0.0319 m

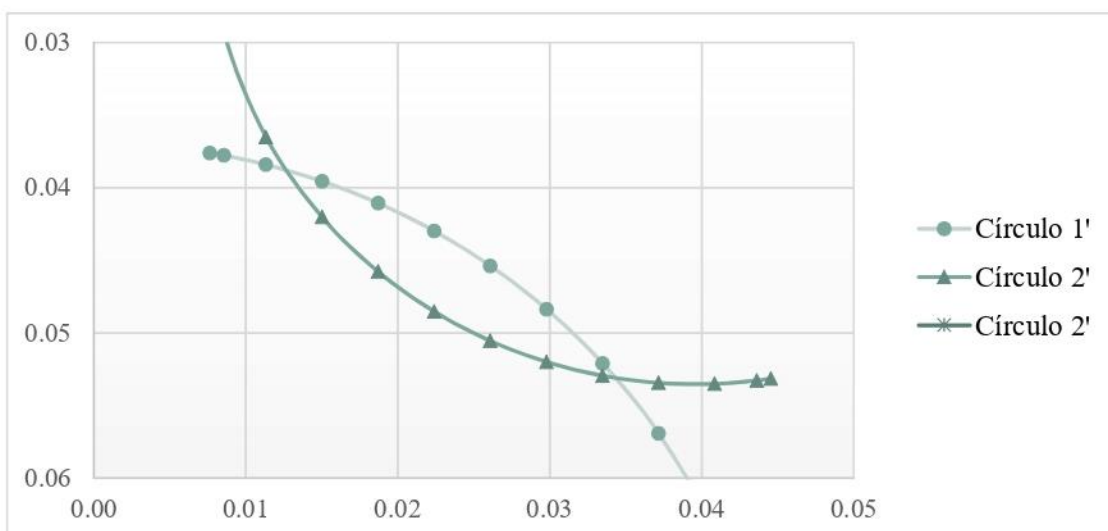
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.008	0.017	0.017
0.020	-0.009	0.042
0.033	-0.015	0.048
0.046	-0.015	0.048
0.059	-0.009	0.042
0.072	0.017	0.017



Luego, se busca la intersección entre las circunferencias mencionadas.

Con sus respectivas coordenadas.

Eje x Abcisas ( m )	Círculo 1'	Círculo 2'	
		Eje y Ordenadas ( m )	
0.008	0.033	0.017	0.017
0.015	0.035	0.037	-0.004
0.022	0.038	0.044	-0.010
0.030	0.043	0.047	-0.014
0.037	0.052	0.048	-0.015
0.045	0.076	0.048	-0.015



Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre los dos círculos son las siguientes:

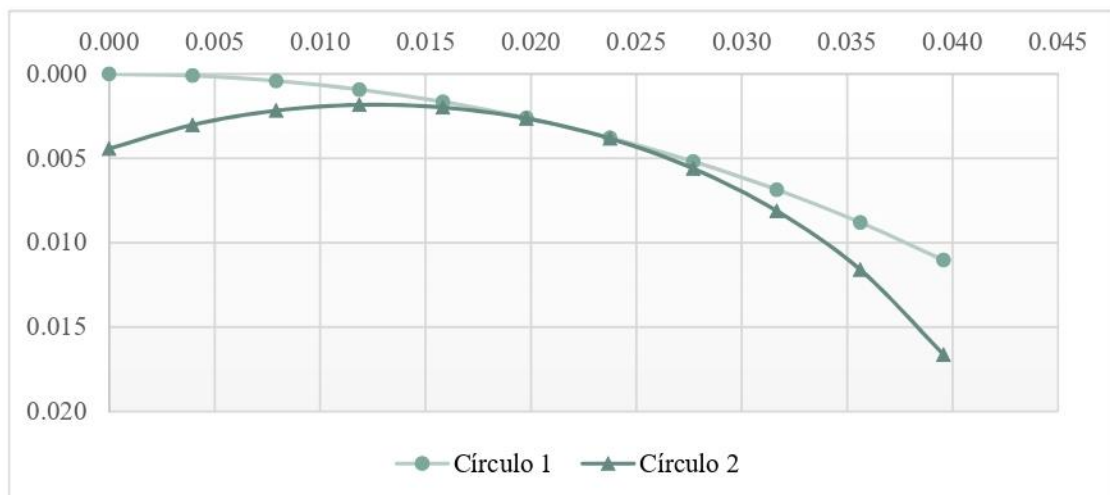
$$\begin{aligned} x &= 0.01262 \text{ m} \\ y &= 0.0338 \text{ m} \end{aligned}$$

**Segunda parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1 y 2.

$$\begin{aligned} \text{Centro 1} & \quad ( 0.0000 \quad , \quad 0.0765 \quad ) \text{ m} \\ \text{Radio 1} & \quad 0.0765 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Centro 2} & \quad ( 0.0126 \quad , \quad 0.0338 \quad ) \text{ m} \\ \text{Radio 2} & \quad 0.0319 \text{ m} \end{aligned}$$

	Círculo 1	Círculo 2
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.000	0.0000	0.0044
0.008	0.0004	0.0022
0.016	0.0017	0.0020
0.024	0.0038	0.0038
0.032	0.0069	0.0081
0.040	0.0110	0.0166

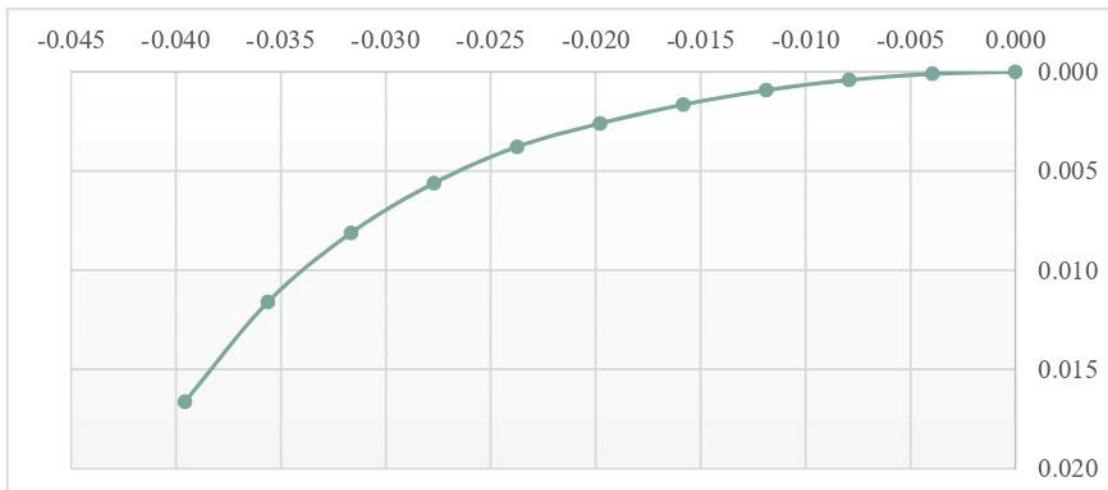


Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre ambos círculos es:

$$\begin{aligned} x &= 0.0277 \text{ m} \\ y &= 0.0052 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tercera parte:** Coordenadas finales del cuadrante aguas arriba del vertedero.

Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.0000
-0.004	0.0001
-0.008	0.0004
-0.012	0.0009
-0.016	0.0017
-0.020	0.0026
-0.024	0.0038
-0.028	0.0056
-0.032	0.0081
-0.036	0.0116
-0.040	0.0166



*APÉNDICE 1.5. Diseño 5 (P/Hd = 1.00)*

**Carga de diseño.**

Se define una carga de operación específica.

$$H = 0.20 \text{ m}$$

Para cuando la carga de operación es igual a la carga de diseño.

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

Entonces la carga de diseño es:

$$H_d = 0.2 \text{ m}$$

**Coefficiente de descarga.**

El coeficiente de descarga C, adquiere el valor de Co.

$$C = C_o$$

Depende de la profundidad.

$$P = 0.20 \text{ m}$$

La relación entre la profundidad y la carga de diseño es:

$$\frac{P}{H_d} = 1$$

Considerando que el parámetro aguas arriba es vertical, se obtiene Co de la Figura 5-2.

$$C_o = 2.147$$

**Corrección si la carga es diferente a la de diseño.**

Se define la carga de operación.

$$H = 0.20 \text{ m}$$

La relación entre la carga de operación y la carga de diseño es:

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

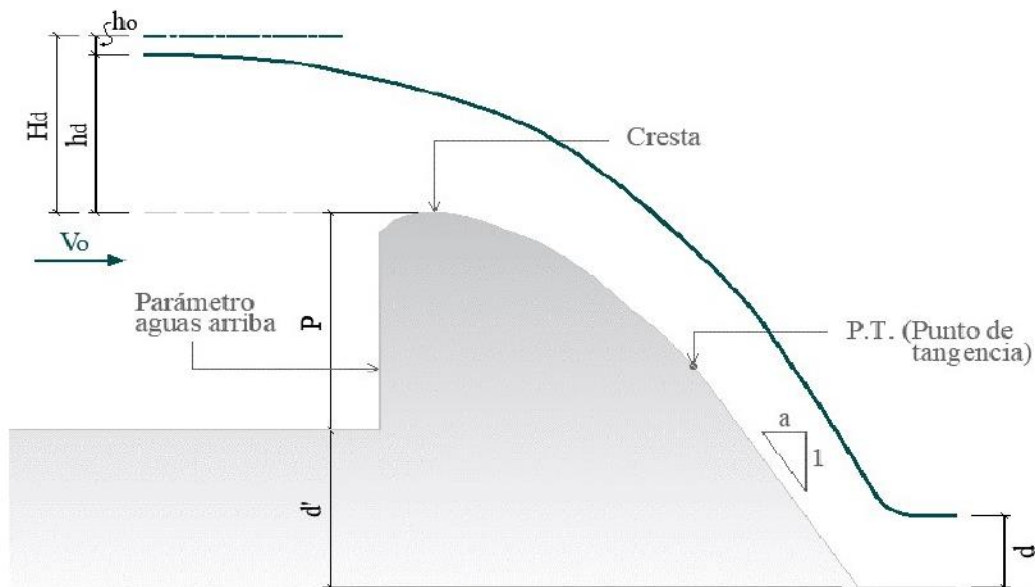
La relación de coeficientes se obtiene de la Figura 5-3.

$$\frac{C}{C_o} = 1$$

Entonces, el valor corregido del coeficiente de descarga es:

$$C = 2.147$$

**Corrección por la elevación relativa del piso y superficie libre aguas abajo.**



Diferencia de nivel entre el canal aguas arriba y aguas abajo.

$$d' = 0.50 \text{ m}$$

Profundidad aguas abajo del vertedero.

$$d = 0.15 \text{ m}$$

Posición relativa del piso aguas abajo.

$$\frac{z}{H_d} = 4.50 \text{ m}$$

Grado de ahogamiento.

$$\frac{z-d}{H_d} = 3.75 \quad \text{m}$$

El coeficiente de descarga modificado por un porcentaje de reducción es:

$$C = 2.147$$

### Longitud efectiva de la cresta.

La longitud total de la cresta está limitada por el ancho del canal.

$$L = 0.457 \quad \text{m}$$

Coeficiente de contracción por efecto de estribos se obtiene según la Figura 5-8 y está en función al ángulo que forma el muro de acceso con la dirección del flujo.

$$\begin{aligned} \theta &= 0^\circ \\ K_a &= 0 \end{aligned}$$

Al no haber pilas intermedias, la longitud efectiva de la cresta tiene la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} L_e &= L - 2 (K_a + N K_p) H \\ L_e &= L - 2 K_a H \\ L_e &= 0.457 \quad \text{m} \end{aligned}$$

### Capacidad de descarga o caudal.

El caudal se obtiene utilizando la Ecuación (5-2).

$$\begin{aligned} Q &= C L_e H^{3/2} \\ Q &= 0.0878 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q &= 87.76 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q &= \frac{Q}{L_e} \\ q &= 0.1920 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

La velocidad de llegada se obtiene utilizando la Ecuación (5-3).

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{q}{P+H} \\ V_o &= 0.4801 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga máxima probable.

La carga máxima probable se obtiene multiplicando la carga de diseño por un factor de amplificación específico.

$$\text{factor de amplificación} = 1.33$$

$$\begin{aligned} H_{d \max} &= 1.33H_d \\ H_{d \max} &= 0.266 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el caudal máximo probable es:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= C Le H_{d \max}^{3/2} \\ Q_{\max} &= 0.1346 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q_{\max} &= 134.61 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \frac{Q_{\max}}{Le} \\ q_{\max} &= 0.2945 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

Con una respectiva velocidad de llegada.

$$\begin{aligned} V_{o \max} &= \frac{q_{\max}}{P + H_{d \max}} \\ V_{o \max} &= 0.6321 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga de velocidad.

Utilizando la velocidad de llegada con la carga de operación.

$$\begin{aligned} V_o &= 0.48008 \quad \text{m/s} \\ h_o &= \frac{V_o^2}{2g} \\ h_o &= 0.01175 \quad \text{m} \end{aligned}$$

La relación entre la carga de velocidad y la carga total de diseño.

$$\frac{h_o}{H_d} = 0.05874 \quad \text{m}$$

## Perfil del vertedero.

### Cuadrante aguas abajo del vertedero.

Según la ecuación general para el perfil de la zona del cuadrante aguas abajo del vertedero.

$$\frac{y}{H_d} = k \left( \frac{x}{H_d} \right)^N$$

Los coeficientes experimentales  $k$  y  $N$  dependen del talud del parámetro aguas arriba y de la profundidad del canal de acceso y se muestran en las Figuras 5-14 y 5-15.

$$\begin{aligned} k &= 0.5108 \\ N &= 1.8445 \end{aligned}$$

Depende del ángulo de inclinación final de la parábola a partir del cual se mantiene recto.

$$a = 0.700$$

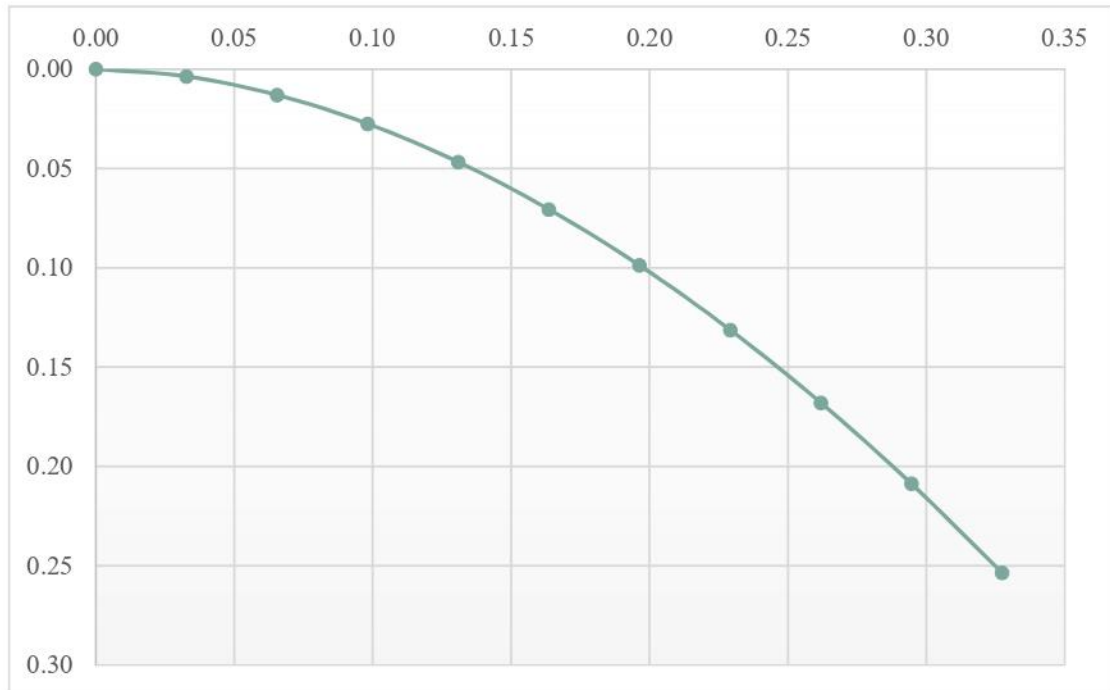
El perfil del vertedero tiene forma parabólica hasta el punto de tangencia.

$$\begin{aligned} x_t &= \frac{H_d}{(kaN)^{1/N-1}} \\ x_t &= 0.3274 \text{ m} \end{aligned}$$

Se proponen valores en el eje de las abscisas para hallar los resultantes respectivos en el eje de las ordenadas.

Eje x Abscisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.000
0.033	0.004
0.065	0.013
0.098	0.028
0.131	0.047
0.164	0.071
0.196	0.099
0.229	0.131
0.262	0.168
0.295	0.209
0.327	0.254

→ Punto de Tangencia



Se verifica que el talud a sea el menor de los últimos hallados.

#### Cuadrante aguas arriba del vertedero.

Para el perfil de la zona del cuadrante aguas arriba del vertedero se utiliza la Figura 5-16.

$$\begin{aligned} x_c &= 0.0506 \text{ m} \\ y_c &= 0.0203 \text{ m} \\ R_1 &= 0.0999 \text{ m} \\ R_2 &= 0.0415 \text{ m} \end{aligned}$$

**Primera parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1' y 2'.

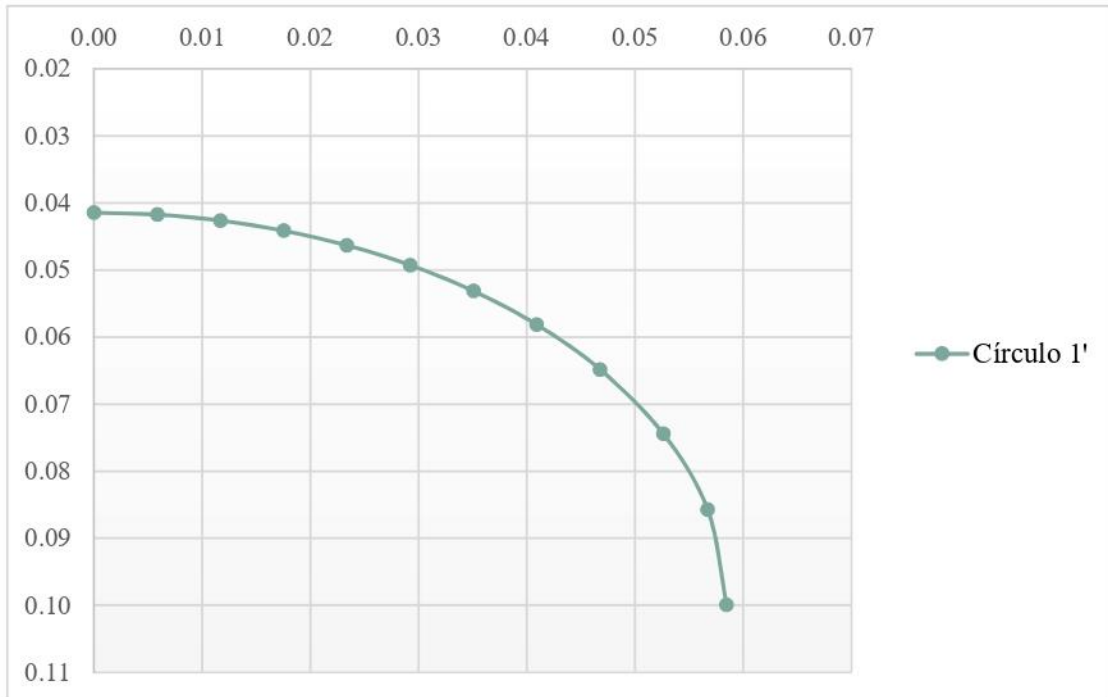
La diferencia de radios.

$$R_1 - R_2 = 0.0585 \text{ m}$$

Se ubican las coordenadas del círculo 1' en un cuadrante.

$$\begin{aligned} \text{Centro} & \left( 0.0000, 0.0999 \right) \text{ m} \\ \text{Radio} & 0.0585 \text{ m} \end{aligned}$$

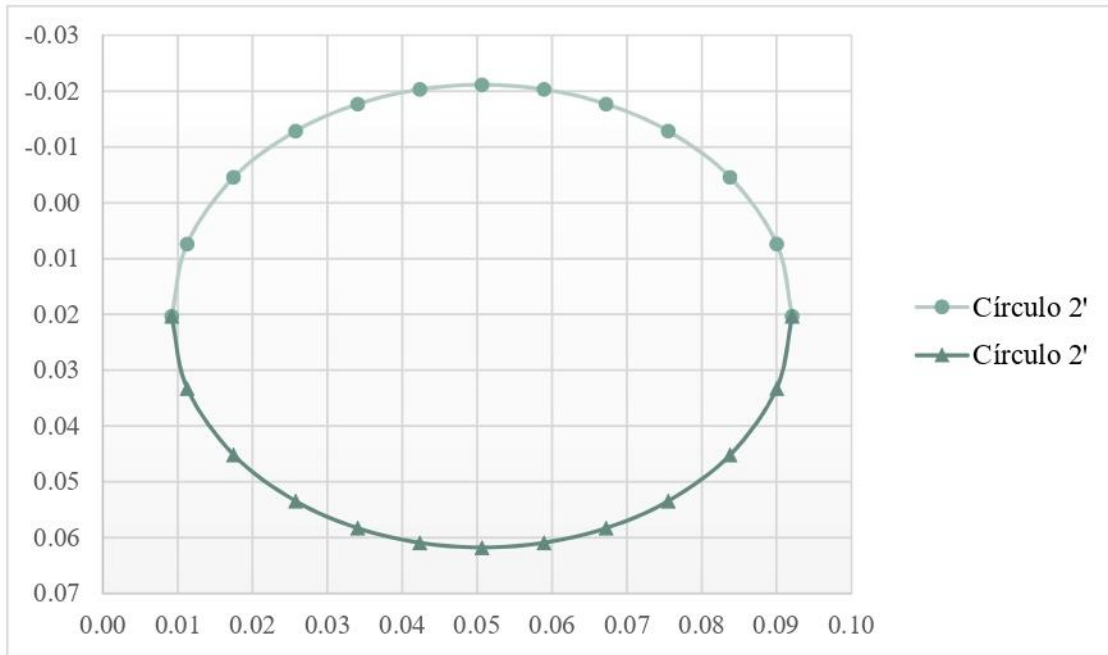
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.041
0.012	0.043
0.023	0.046
0.035	0.053
0.047	0.065
0.058	0.100



Se ubican las coordenadas del círculo 2' en dos cuadrantes.

Centro ( 0.0506 , 0.0203 ) m  
Radio 0.0415 m

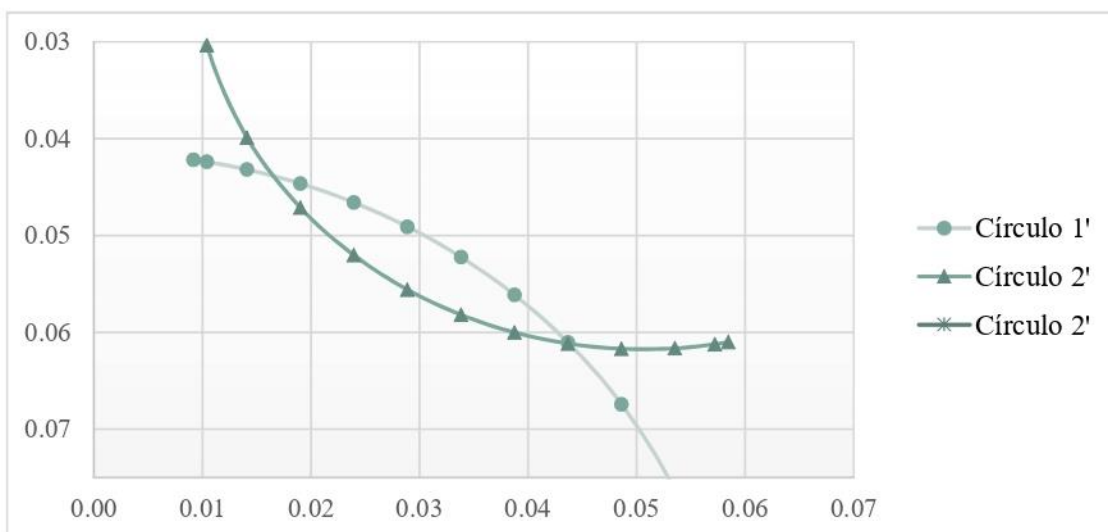
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.009	0.020	0.020
0.026	-0.013	0.053
0.042	-0.020	0.061
0.059	-0.020	0.061
0.076	-0.013	0.053
0.092	0.020	0.020



Luego, se busca la intersección entre las circunferencias mencionadas.

Con sus respectivas coordenadas.

Eje x Abcisas ( m )	Círculo 1'	Círculo 2'	
		Eje y Ordenadas ( m )	
0.009	0.042	0.020	0.020
0.019	0.045	0.047	-0.007
0.029	0.049	0.056	-0.015
0.039	0.056	0.060	-0.019
0.049	0.067	0.062	-0.021
0.058	0.100	0.061	-0.020



Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre los dos círculos son las siguientes:

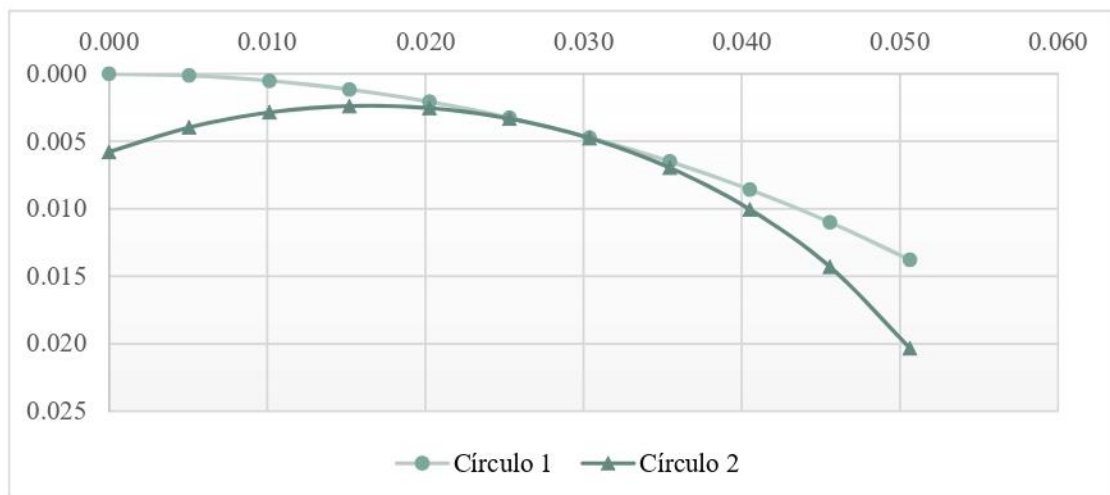
$$\begin{aligned} x &= 0.01648 \text{ m} \\ y &= 0.0438 \text{ m} \end{aligned}$$

**Segunda parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1 y 2.

Centro 1 ( 0.0000 , 0.0999 ) m  
Radio 1 0.0999 m

Centro 2 ( 0.0165 , 0.0438 ) m  
Radio 2 0.0415 m

	Círculo 1	Círculo 2
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.000	0.0000	0.0058
0.010	0.0005	0.0029
0.020	0.0021	0.0025
0.030	0.0047	0.0048
0.041	0.0086	0.0100
0.051	0.0138	0.0203

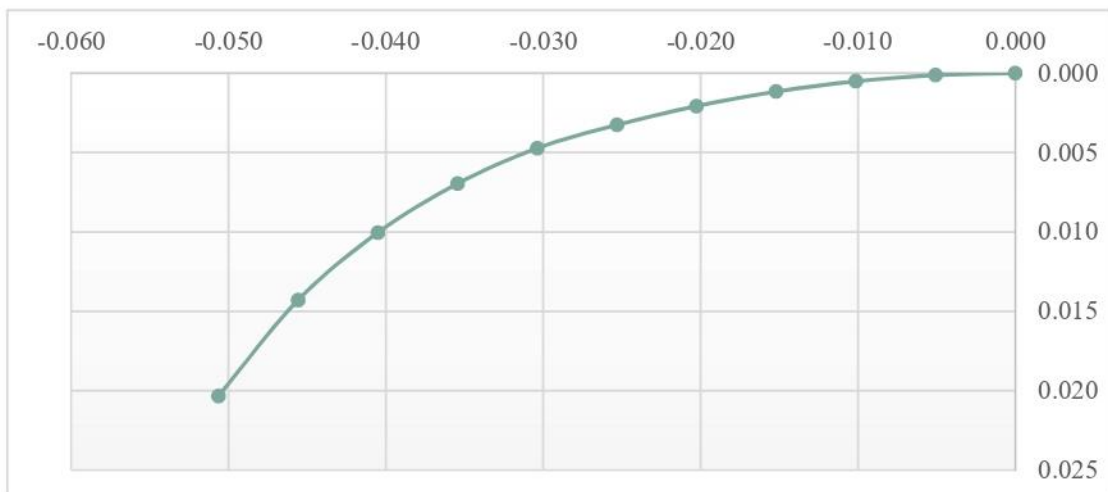


Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre ambos círculos es:

$$\begin{aligned} x &= 0.0354 \text{ m} \\ y &= 0.0065 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tercera parte:** Coordenadas finales del cuadrante aguas arriba del vertedero.

Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.0000
-0.005	0.0001
-0.010	0.0005
-0.015	0.0012
-0.020	0.0021
-0.025	0.0033
-0.030	0.0047
-0.035	0.0070
-0.041	0.0100
-0.046	0.0143
-0.051	0.0203



**APÉNDICE 1.6. Diseño 6 ( $P/H_d = 0.50$ )**

**Carga de diseño.**

Se define una carga de operación específica.

$$H = 0.20 \text{ m}$$

Para cuando la carga de operación es igual a la carga de diseño.

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

Entonces la carga de diseño es:

$$H_d = 0.2 \text{ m}$$

**Coefficiente de descarga.**

El coeficiente de descarga C, adquiere el valor de  $C_o$ .

$$C = C_o$$

Depende de la profundidad.

$$P = 0.10 \text{ m}$$

La relación entre la profundidad y la carga de diseño es:

$$\frac{P}{H_d} = 0.5$$

Considerando que el parámetro aguas arriba es vertical, se obtiene  $C_o$  de la Figura 5-2.

$$C_o = 2.097$$

**Corrección si la carga es diferente a la de diseño.**

Se define la carga de operación.

$$H = 0.20 \text{ m}$$

La relación entre la carga de operación y la carga de diseño es:

$$\frac{H}{H_d} = 1$$

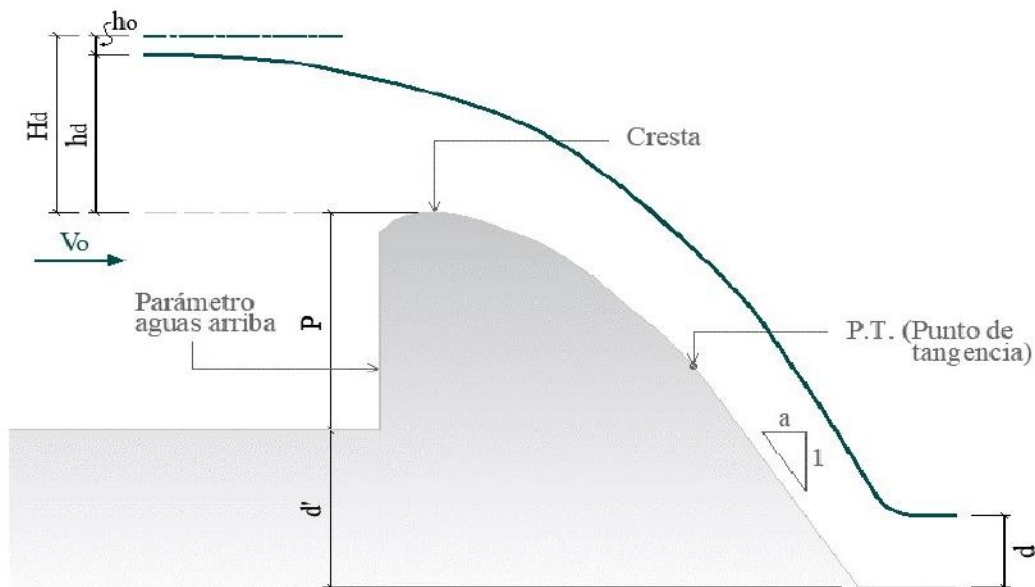
La relación de coeficientes se obtiene de la Figura 5-3.

$$\frac{C}{C_o} = 1$$

Entonces, el valor corregido del coeficiente de descarga es:

$$C = 2.097$$

**Corrección por la elevación relativa del piso y superficie libre aguas abajo.**



Diferencia de nivel entre el canal aguas arriba y aguas abajo.

$$d' = 0.50 \text{ m}$$

Profundidad aguas abajo del vertedero.

$$d = 0.15 \text{ m}$$

Posición relativa del piso aguas abajo.

$$\frac{z}{H_d} = 4.00 \text{ m}$$

Grado de ahogamiento.

$$\frac{z-d}{H_d} = 3.25 \quad \text{m}$$

El coeficiente de descarga modificado por un porcentaje de reducción es:

$$C = 2.097$$

### Longitud efectiva de la cresta.

La longitud total de la cresta está limitada por el ancho del canal.

$$L = 0.457 \quad \text{m}$$

Coeficiente de contracción por efecto de estribos se obtiene según la Figura 5-8 y está en función al ángulo que forma el muro de acceso con la dirección del flujo.

$$\begin{aligned} \theta &= 0^\circ \\ K_a &= 0 \end{aligned}$$

Al no haber pilas intermedias, la longitud efectiva de la cresta tiene la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} L_e &= L - 2 (K_a + N K_p) H \\ L_e &= L - 2 K_a H \\ L_e &= 0.457 \quad \text{m} \end{aligned}$$

### Capacidad de descarga o caudal.

El caudal se obtiene utilizando la Ecuación (5-2).

$$\begin{aligned} Q &= C L_e H^{3/2} \\ Q &= 0.0857 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q &= 85.72 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q &= \frac{Q}{L_e} \\ q &= 0.1876 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

La velocidad de llegada se obtiene utilizando la Ecuación (5-3).

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{q}{P+H} \\ V_o &= 0.6252 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga máxima probable.

La carga máxima probable se obtiene multiplicando la carga de diseño por un factor de amplificación específico.

$$\text{factor de amplificación} = 1.33$$

$$\begin{aligned} H_{d \max} &= 1.33H_d \\ H_{d \max} &= 0.266 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el caudal máximo probable es:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= C Le H_{d \max}^{3/2} \\ Q_{\max} &= 0.1315 \quad \text{m}^3/\text{s} \\ Q_{\max} &= 131.47 \quad \text{L/s} \end{aligned}$$

Con un respectivo caudal unitario.

$$\begin{aligned} q_{\max} &= \frac{Q_{\max}}{Le} \\ q_{\max} &= 0.2877 \quad \text{m}^3/\text{s}/\text{m} \end{aligned}$$

Con una respectiva velocidad de llegada.

$$\begin{aligned} V_{o \max} &= \frac{q_{\max}}{P + H_{d \max}} \\ V_{o \max} &= 0.7860 \quad \text{m/s} \end{aligned}$$

### Carga de velocidad.

Utilizando la velocidad de llegada con la carga de operación.

$$\begin{aligned} V_o &= 0.62520 \quad \text{m/s} \\ h_o &= \frac{V_o^2}{2g} \\ h_o &= 0.01992 \quad \text{m} \end{aligned}$$

La relación entre la carga de velocidad y la carga total de diseño.

$$\frac{h_o}{H_d} = 0.09961 \quad \text{m}$$

## Perfil del vertedero.

### Cuadrante aguas abajo del vertedero.

Según la ecuación general para el perfil de la zona del cuadrante aguas abajo del vertedero.

$$\frac{y}{H_d} = k \left( \frac{x}{H_d} \right)^N$$

Los coeficientes experimentales  $k$  y  $N$  dependen del talud del parámetro aguas arriba y de la profundidad del canal de acceso y se muestran en las Figuras 5-14 y 5-15.

$$\begin{aligned} k &= 0.5100 \\ N &= 1.8341 \end{aligned}$$

Depende del ángulo de inclinación final de la parábola a partir del cual se mantiene recto.

$$a = 0.700$$

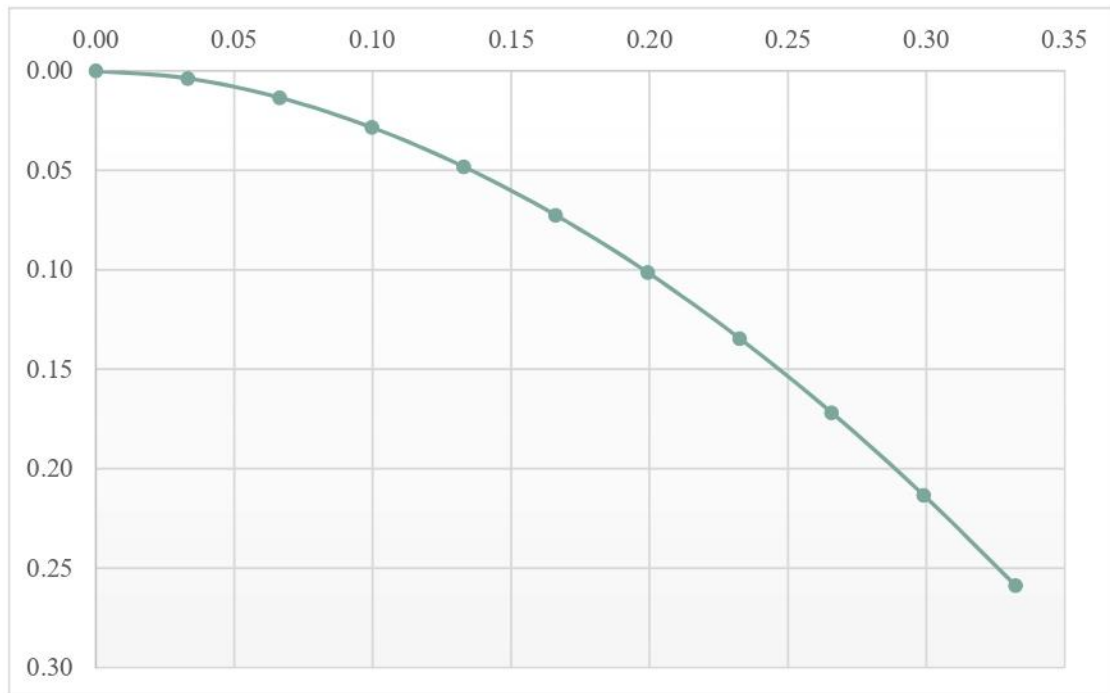
El perfil del vertedero tiene forma parabólica hasta el punto de tangencia.

$$\begin{aligned} x_t &= \frac{H_d}{(kaN)^{1/N-1}} \\ x_t &= 0.3323 \text{ m} \end{aligned}$$

Se proponen valores en el eje de las abscisas para hallar los resultantes respectivos en el eje de las ordenadas.

Eje x Abscisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.000
0.033	0.004
0.066	0.014
0.100	0.028
0.133	0.048
0.166	0.073
0.199	0.101
0.233	0.135
0.266	0.172
0.299	0.213
0.332	0.259

→ Punto de Tangencia



Se verifica que el talud a sea el menor de los últimos hallados.

**Cuadrante aguas arriba del vertedero.**

Para el perfil de la zona del cuadrante aguas arriba del vertedero se utiliza la Figura 5-16.

$$\begin{aligned}
 x_c &= 0.0463 \text{ m} \\
 y_c &= 0.0168 \text{ m} \\
 R_1 &= 0.0948 \text{ m} \\
 R_2 &= 0.0400 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Primera parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1' y 2'.

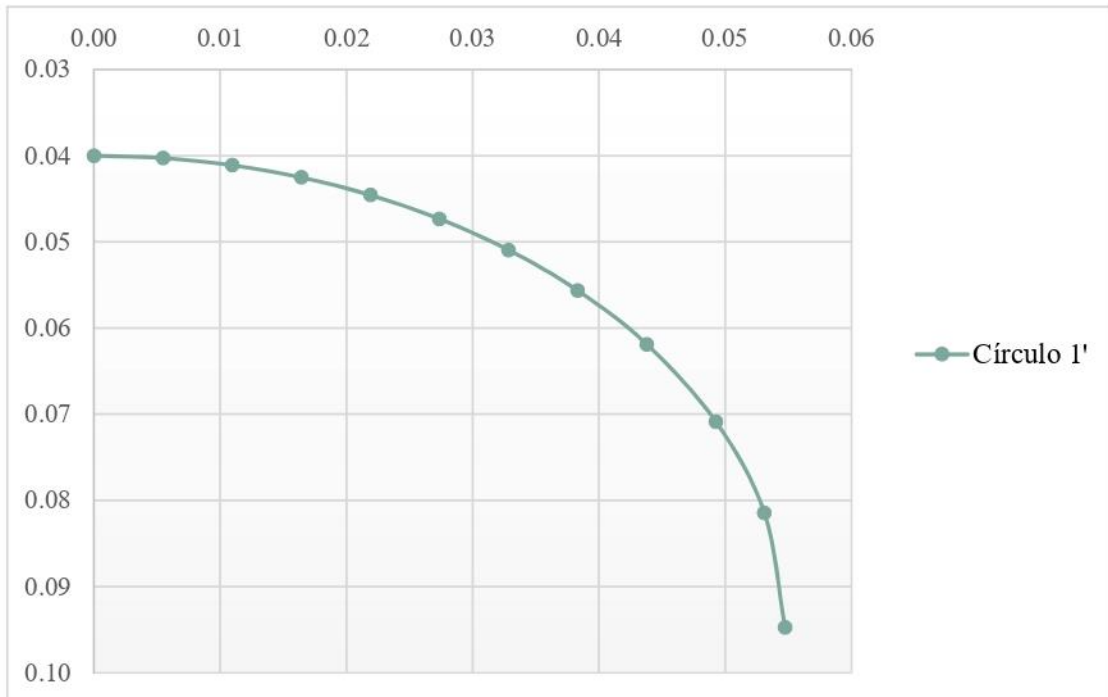
La diferencia de radios.

$$R_1 - R_2 = 0.0547 \text{ m}$$

Se ubican las coordenadas del círculo 1' en un cuadrante.

$$\begin{aligned}
 \text{Centro} & \left( 0.0000, 0.0948 \right) \text{ m} \\
 \text{Radio} & 0.0547 \text{ m}
 \end{aligned}$$

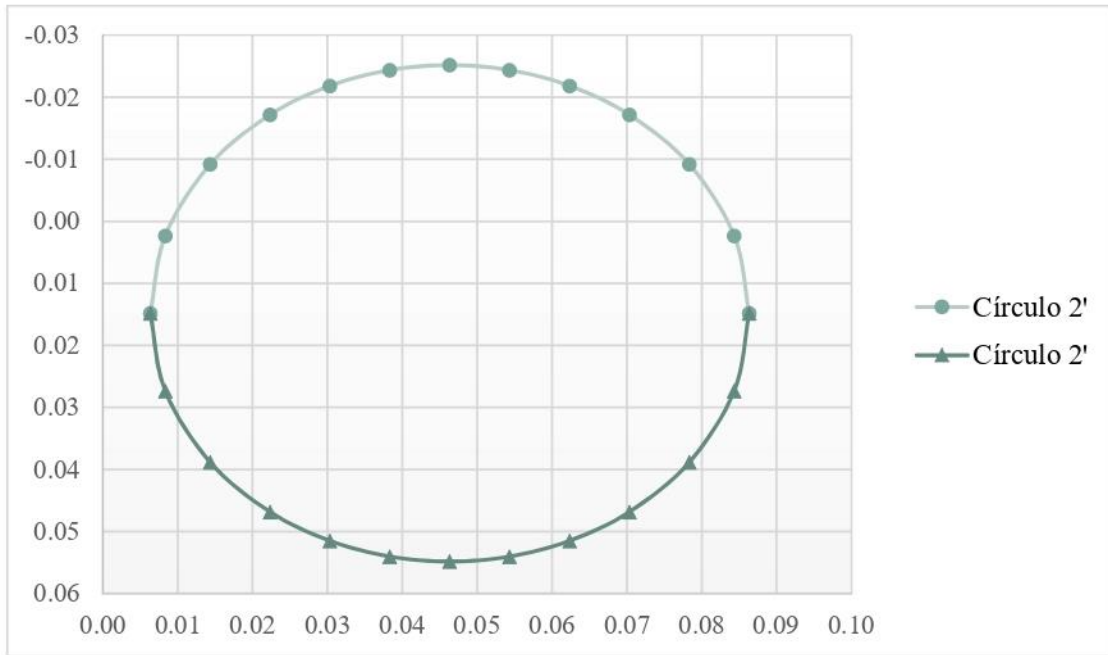
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.040
0.011	0.041
0.022	0.045
0.033	0.051
0.044	0.062
0.055	0.095



Se ubican las coordenadas del círculo 2' en dos cuadrantes.

Centro ( 0.0463 , 0.0168 ) m  
Radio 0.0400 m

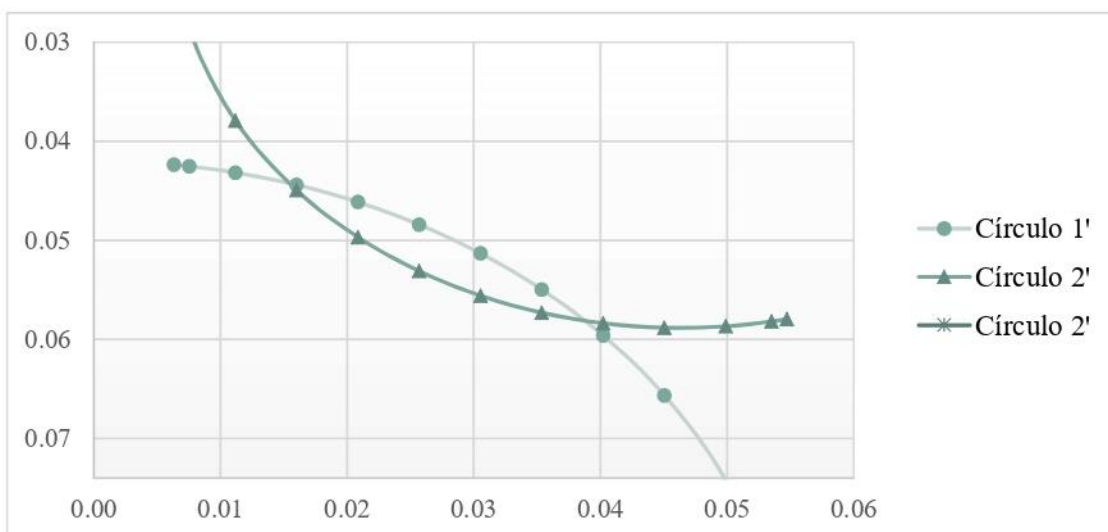
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.006	0.017	0.017
0.022	-0.015	0.049
0.038	-0.022	0.056
0.054	-0.022	0.056
0.070	-0.015	0.049
0.086	0.017	0.017



Luego, se busca la intersección entre las circunferencias mencionadas.

Con sus respectivas coordenadas.

Eje x Abcisas ( m )	Círculo 1'	Círculo 2'	
		Eje y Ordenadas ( m )	
0.006	0.040	0.017	0.017
0.016	0.042	0.043	-0.009
0.026	0.046	0.051	-0.017
0.035	0.053	0.055	-0.022
0.045	0.064	0.057	-0.023
0.055	0.095	0.056	-0.022



Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre los dos círculos son las siguientes:

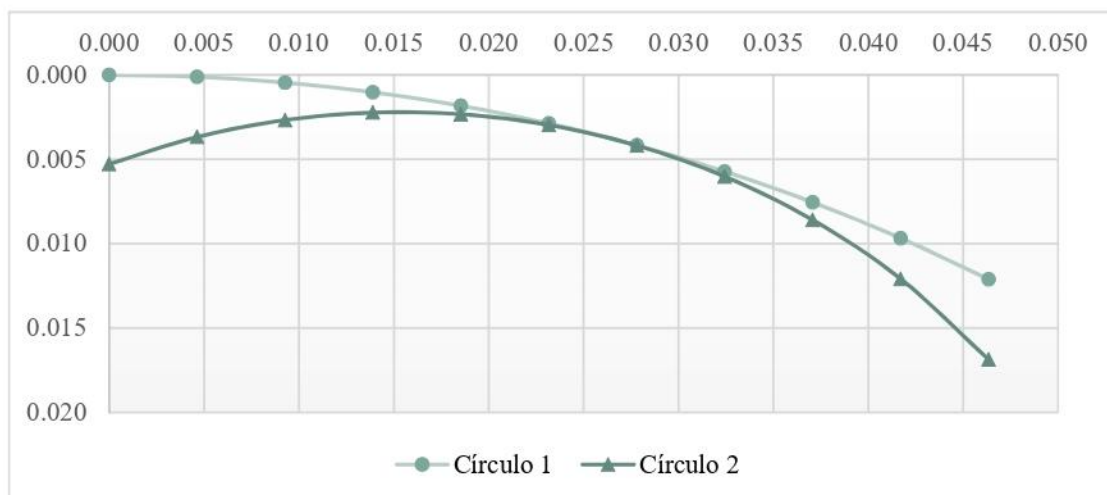
$$\begin{aligned} x &= 0.01539 \text{ m} \\ y &= 0.0422 \text{ m} \end{aligned}$$

**Segunda parte:** Encontrar la intersección de los círculos 1 y 2.

Centro 1 ( 0.0000 , 0.0948 ) m  
Radio 1 0.0948 m

Centro 2 ( 0.0154 , 0.0422 ) m  
Radio 2 0.0400 m

	Círculo 1	Círculo 2
Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )	
0.000	0.0000	0.0053
0.009	0.0005	0.0027
0.019	0.0018	0.0023
0.028	0.0042	0.0042
0.037	0.0076	0.0086
0.046	0.0121	0.0169

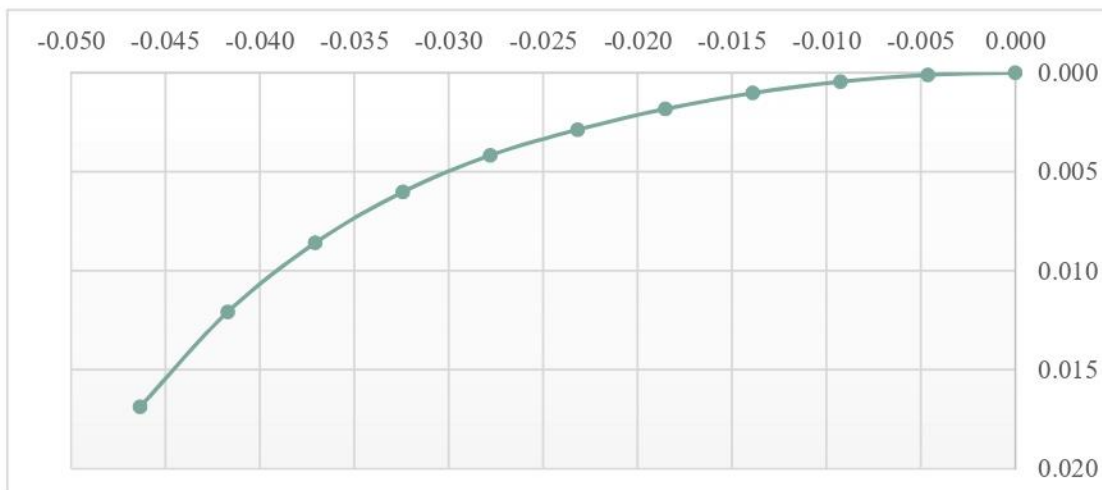


Entonces, las coordenadas del punto de intersección entre ambos círculos es:

$$\begin{aligned} x &= 0.0324 \text{ m} \\ y &= 0.0057 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tercera parte:** Coordenadas finales del cuadrante aguas arriba del vertedero.

Eje x Abcisas ( m )	Eje y Ordenadas ( m )
0.000	0.0000
-0.005	0.0001
-0.009	0.0005
-0.014	0.0010
-0.019	0.0018
-0.023	0.0029
-0.028	0.0042
-0.032	0.0060
-0.037	0.0086
-0.042	0.0121
-0.046	0.0169



## APÉNDICE 2. COORDENADAS DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS DE PERFIL TIPO CREAGER

APÉNDICE 2.1. Diseño 1 ( $P/H_d = 3.00$ )

Eje x Abcisas ( cm )	Eje y Ordenadas ( cm )
-2.76	1.206
-2.50	0.857
-2.25	0.621
-2.00	0.445
-1.75	0.301
-1.50	0.220
-1.25	0.152
-1.00	0.096
-0.75	0.054
-0.50	0.024
-0.25	0.006
<b>0.00</b>	<b>0.000</b>
1.00	0.069
2.00	0.250
3.00	0.533
4.00	0.912
5.00	1.382
6.00	1.941
7.00	2.587
8.00	3.319
9.00	4.133
10.00	5.030
15.00	10.711
<b>16.28</b>	<b>12.478</b>

→ Punto de Tangencia

*APÉNDICE 2.2. Diseño 2 ( $P/H_d = 2.50$ )*

<b>Eje x</b>	<b>Eje y</b>
<b>Abcisas</b>	<b>Ordenadas</b>
<b>( cm )</b>	<b>( cm )</b>
-3.42	1.479
-3.00	0.949
-2.50	0.558
-2.25	0.402
-2.00	0.315
-1.75	0.240
-1.50	0.175
-1.25	0.121
-1.00	0.077
-0.75	0.043
-0.50	0.019
-0.25	0.005
<b>0.00</b>	<b>0.000</b>
1.00	0.057
2.00	0.208
3.00	0.442
4.00	0.755
4.50	0.940
5.00	1.144
6.00	1.607
7.00	2.141
8.00	2.745
9.00	3.418
10.00	4.158
15.00	8.845
20.00	15.111
<b>20.36</b>	<b>15.627</b>

→ **Punto de Tangencia**

*APÉNDICE 2.3. Diseño 3 ( $P/H_d = 2.00$ )*

<b>Eje x</b>	<b>Eje y</b>
<b>Abcisas</b>	<b>Ordenadas</b>
<b>( cm )</b>	<b>( cm )</b>
-3.37	1.446
-3.00	0.974
-2.50	0.570
-2.25	0.405
-2.00	0.318
-1.75	0.242
-1.50	0.177
-1.25	0.122
-1.00	0.078
-0.75	0.044
-0.50	0.019
-0.25	0.005
<b>0.00</b>	<b>0.000</b>
1.00	0.058
2.00	0.210
3.00	0.446
4.00	0.760
5.00	1.151
6.00	1.615
7.00	2.151
8.00	2.757
9.00	3.431
10.00	4.173
15.00	8.864
20.00	15.128
<b>20.38</b>	<b>15.671</b>

→ **Punto de Tangencia**

*APÉNDICE 2.4. Diseño 4 ( $P/H_d = 1.50$ )*

<b>Eje x</b>	<b>Eje y</b>
<b>Abcisas</b>	<b>Ordenadas</b>
<b>( cm )</b>	<b>( cm )</b>
-3.96	1.664
-3.50	1.098
-3.00	0.697
-2.50	0.420
-2.25	0.338
-2.00	0.266
-1.75	0.203
-1.50	0.149
-1.25	0.103
-1.00	0.066
-0.75	0.037
-0.50	0.016
-0.25	0.004
<b>0.00</b>	<b>0.000</b>
1.00	0.050
2.00	0.182
3.00	0.386
4.00	0.658
5.00	0.995
6.00	1.395
7.00	1.856
8.00	2.376
9.00	2.956
10.00	3.593
15.00	7.614
20.00	12.974
<b>24.50</b>	<b>18.893</b>

→ **Punto de Tangencia**

*APÉNDICE 2.5. Diseño 5 ( $P/H_d = 1.00$ )*

<b>Eje x</b>	<b>Eje y</b>
<b>Abcisas</b>	<b>Ordenadas</b>
<b>( cm )</b>	<b>( cm )</b>
-5.06	2.034
-5.00	1.944
-4.50	1.374
-4.00	0.969
-3.50	0.633
-3.00	0.461
-2.50	0.318
-2.00	0.202
-1.50	0.113
-1.00	0.050
-0.50	0.013
<b>0.00</b>	<b>0.000</b>
1.00	0.041
2.00	0.146
3.00	0.309
4.00	0.525
5.00	0.792
6.00	1.109
7.00	1.473
8.00	1.885
9.00	2.342
10.00	2.845
15.00	6.010
20.00	10.216
25.00	15.418
30.00	21.582
<b>32.74</b>	<b>25.357</b>

→ **Punto de Tangencia**

*APÉNDICE 1.6. Diseño 6 ( $P/H_d = 0.50$ )*

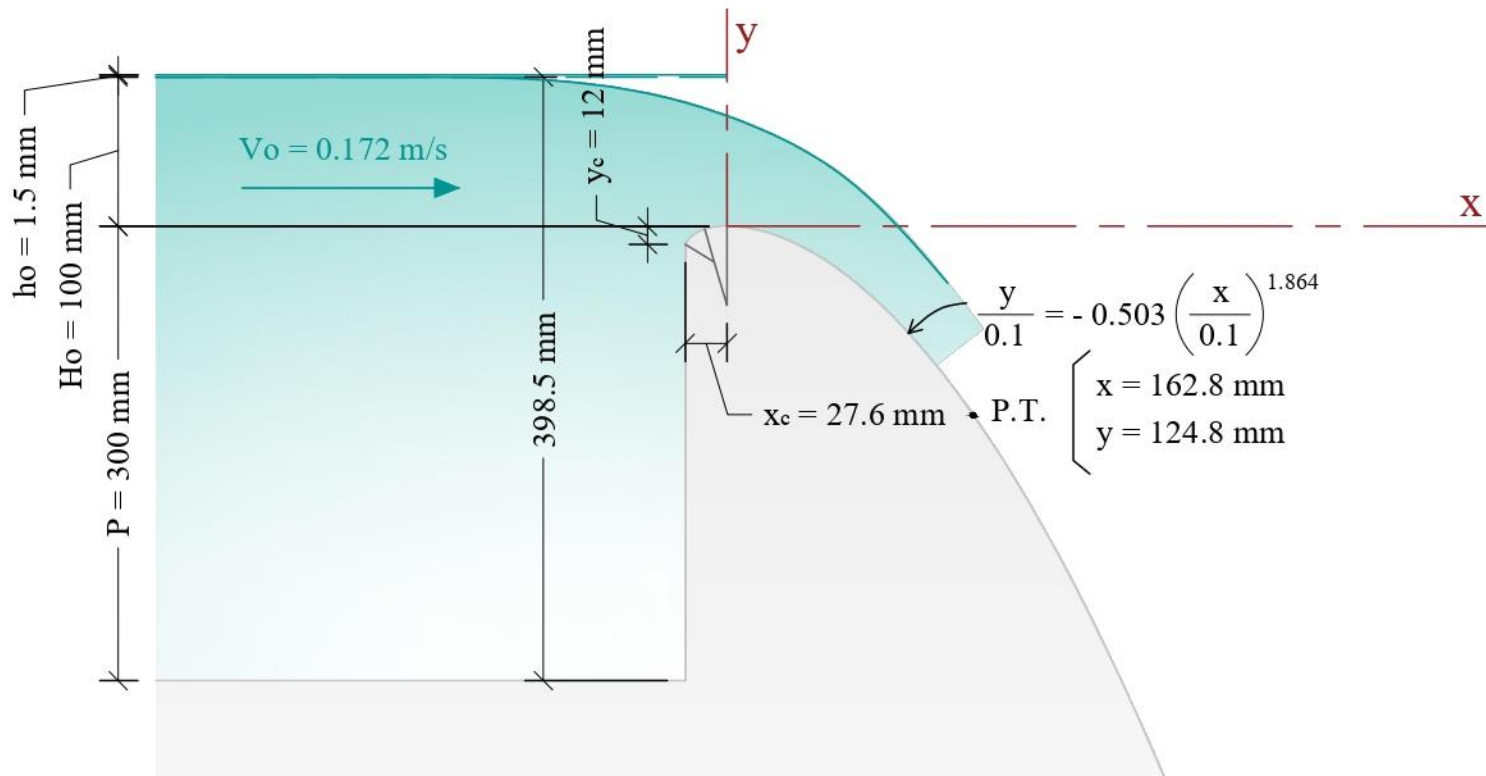
<b>Eje x</b>	<b>Eje y</b>
<b>Abcisas</b>	<b>Ordenadas</b>
<b>( cm )</b>	<b>( cm )</b>
-4.63	1.687
-4.50	1.531
-4.00	1.067
-3.50	0.734
-3.00	0.487
-2.50	0.336
-2.00	0.213
-1.50	0.119
-1.00	0.053
-0.50	0.013
<b>0.00</b>	<b>0.000</b>
1.00	0.042
2.00	0.149
3.00	0.314
4.00	0.533
5.00	0.802
6.00	1.121
7.00	1.487
8.00	1.900
9.00	2.358
10.00	2.861
15.00	6.018
20.00	10.201
25.00	15.359
30.00	21.459
<b>33.23</b>	<b>25.880</b>

→ **Punto de Tangencia**

### APÉNDICE 3. GRÁFICOS DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS DE PERFIL TIPO CREAGER

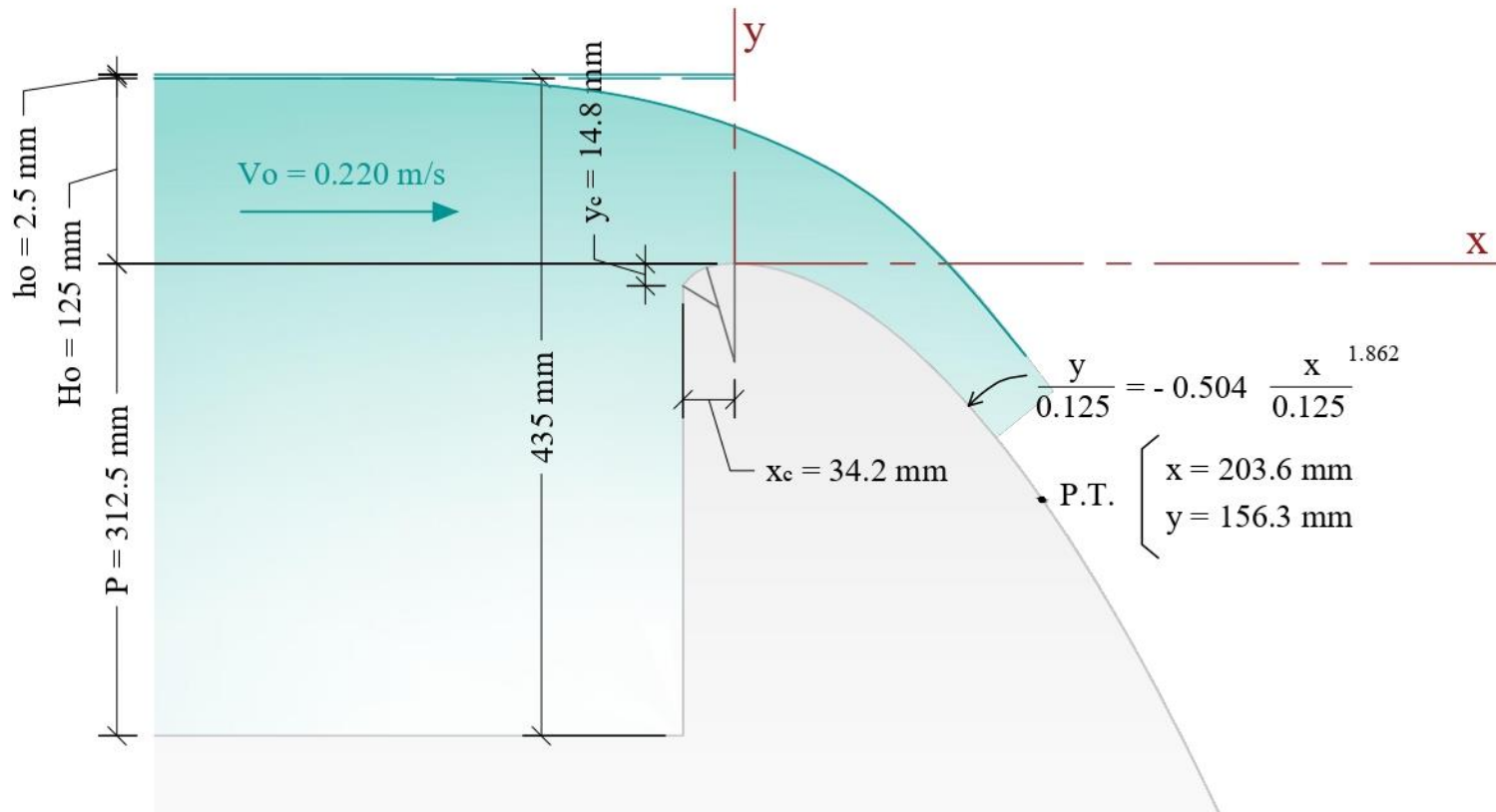
Se presentan los siguientes gráficos para  $P/H_d$  definidos en una escala 1:5.





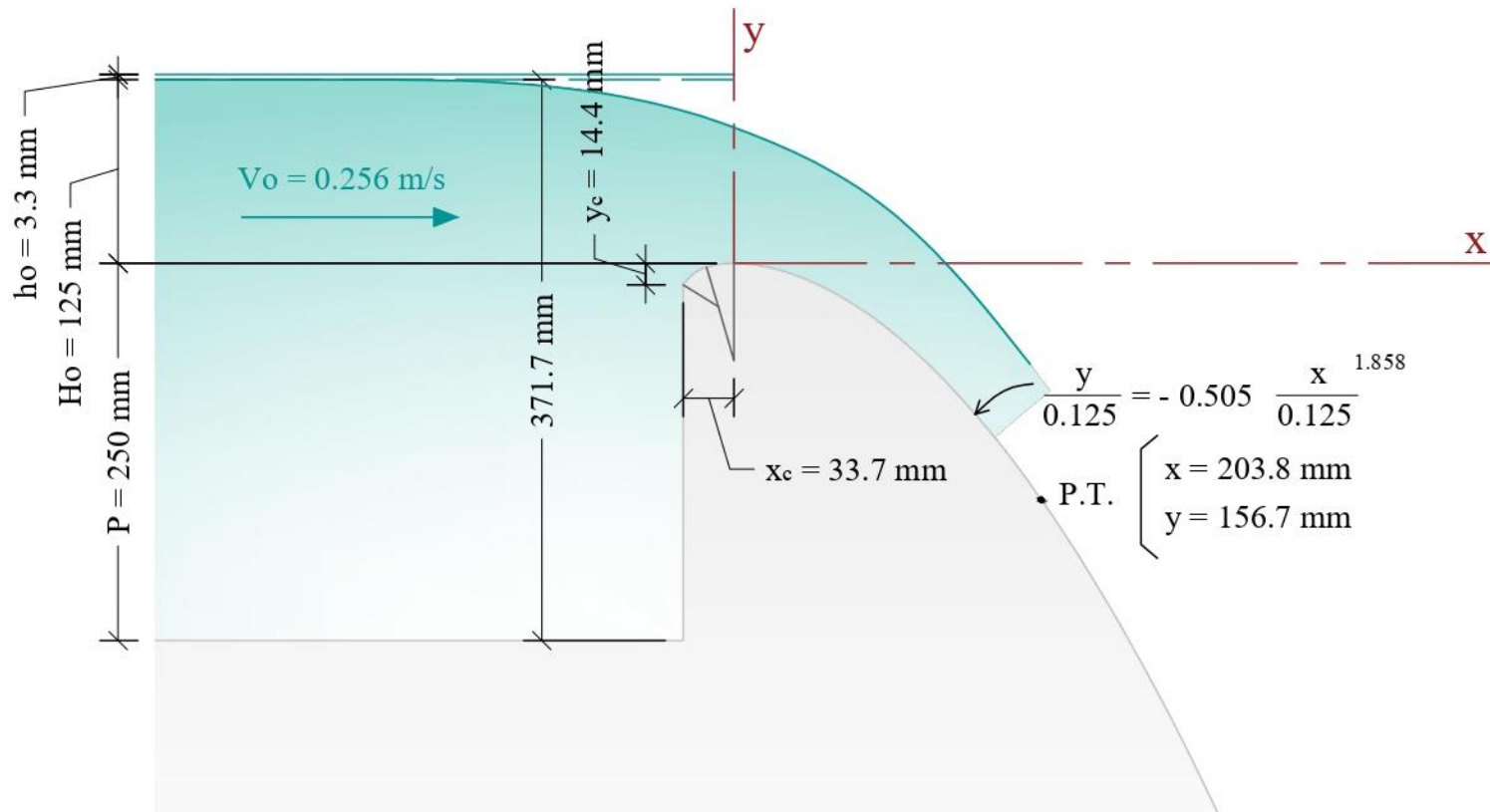
CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER

Escala: <b>1:5</b>	Proyecto de Investigación: <b>"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</b>	Profundidad (m)	0.300	<b>A4</b>
		Relación P/H	3.00	
		Carga de diseño (m)	0.100	
		Fecha: 13/05/2019	Hora: 12:00:00	



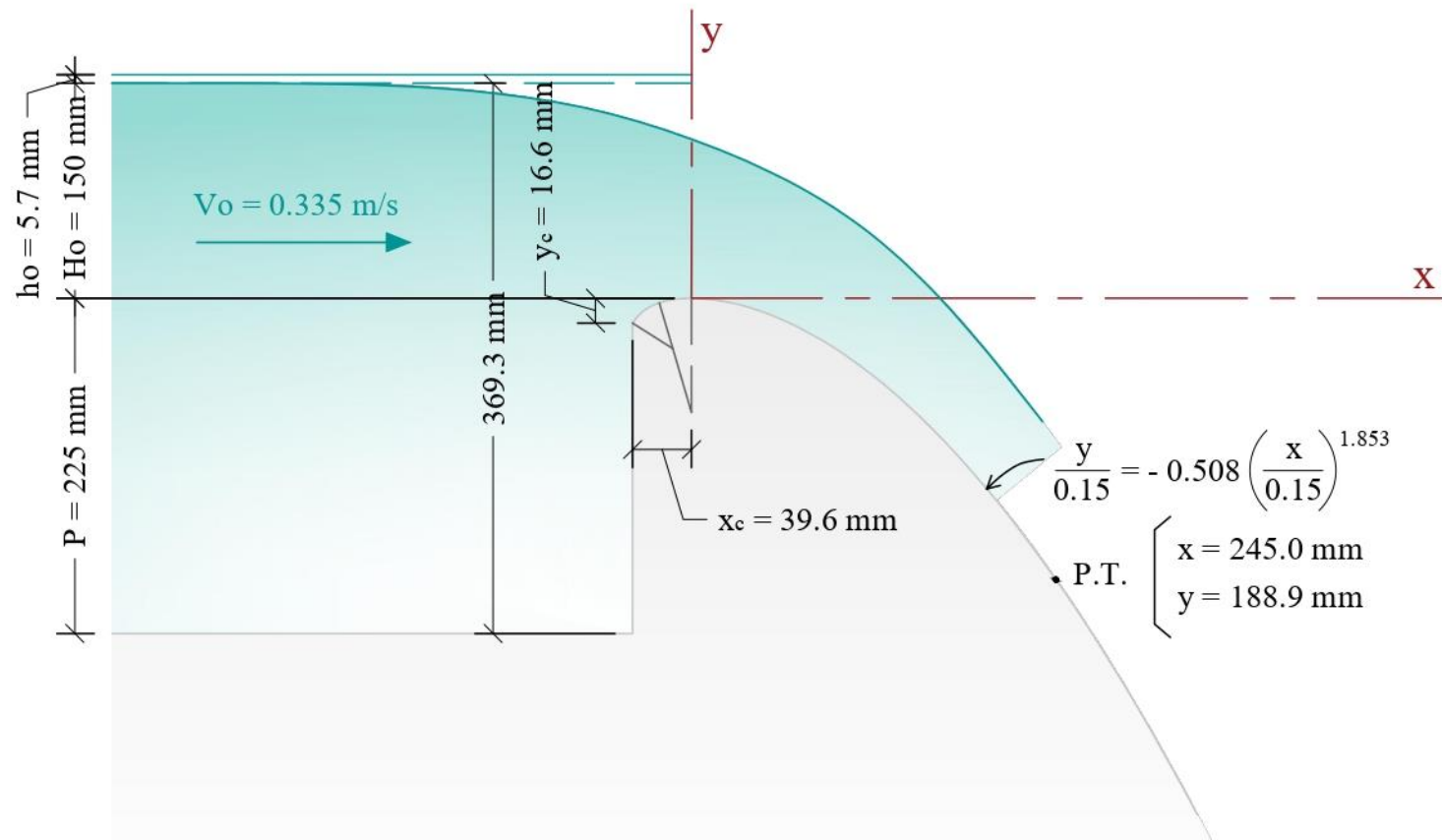
CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER

Escala: <b>1:5</b>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"	Profundidad (m)	0.3125	<b>A4</b>
		Relación P/H	2.50	
		Carga de diseño (m)	0.125	
		Fecha: 27/05/2019	Hora: 12:00:00	



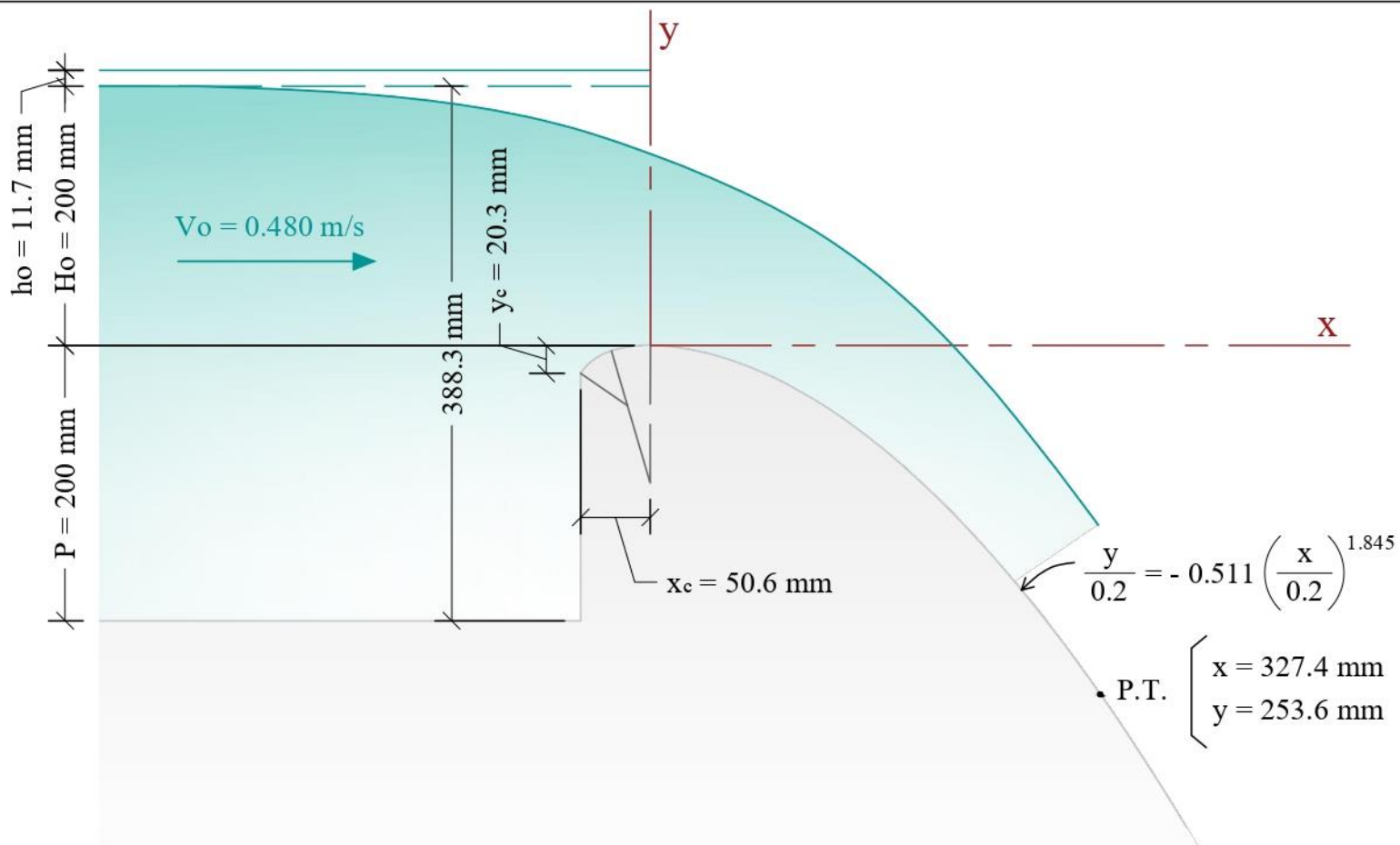
CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER

Escala: <b>1:5</b>	Proyecto de Investigación: <b>"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</b>	Profundidad (m)	0.250	<b>A4</b>
		Relación P/H	2.00	
		Carga de diseño (m)	0.125	
		Fecha: 10/06/2019	Hora: 12:00:00	



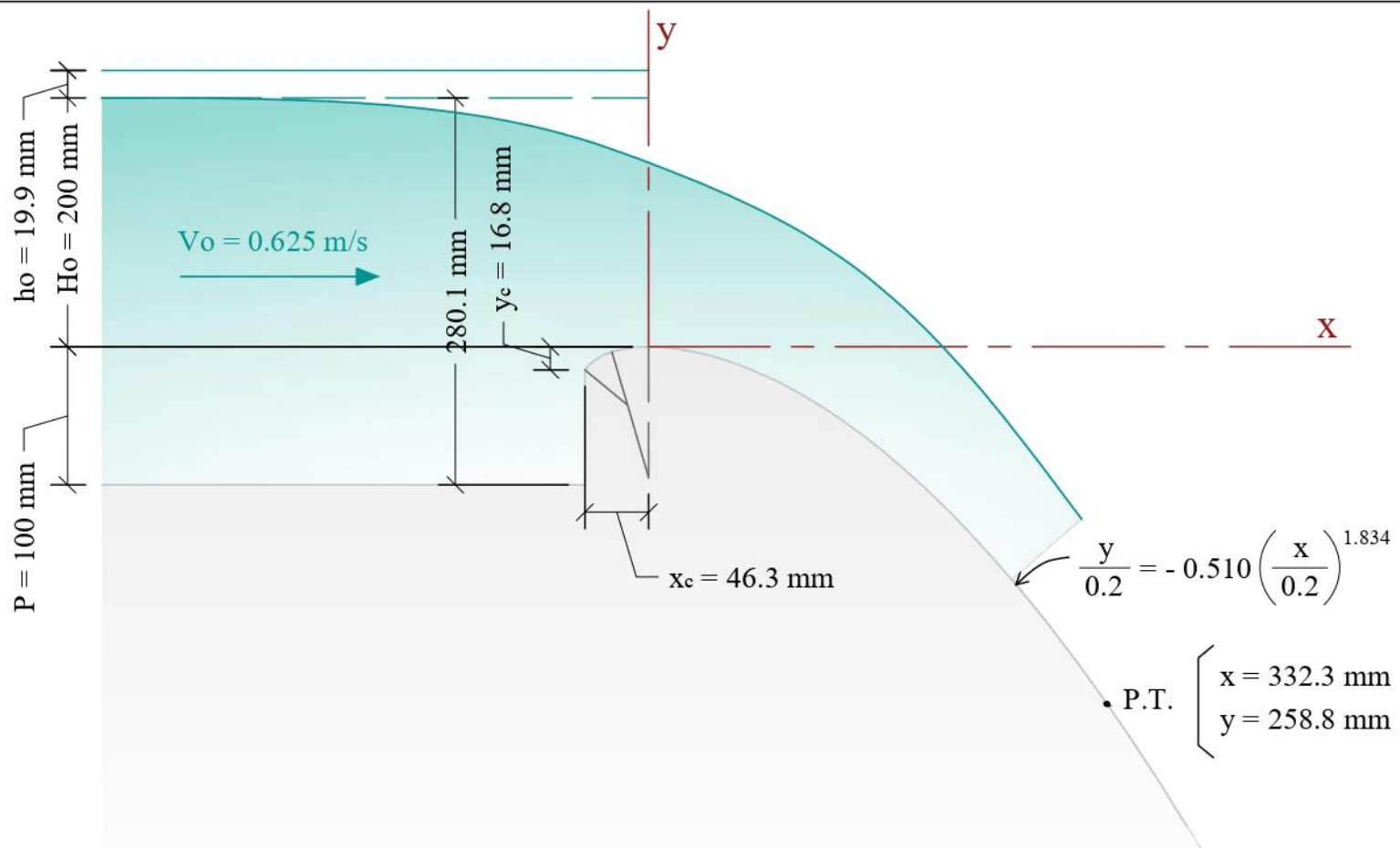
CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS DE PERFIL CRAGER

Escala:  <b>1:5</b>	Proyecto de Investigación:  "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CRAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"	Profundidad (m)	0.225	<b>A4</b>
		Relación P/H	1.50	
		Carga de diseño (m)	0.150	
		Fecha: 24/06/2019	Hora: 12:00:00	



CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER

Escala: <b>1:5</b>	Proyecto de Investigación: <b>"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</b>	Profundidad (m)	0.200	<b>A4</b>
		Relación P/H	1.00	
		Carga de diseño (m)	0.200	
		Fecha: 08/07/2019	Hora: 12:00:00	



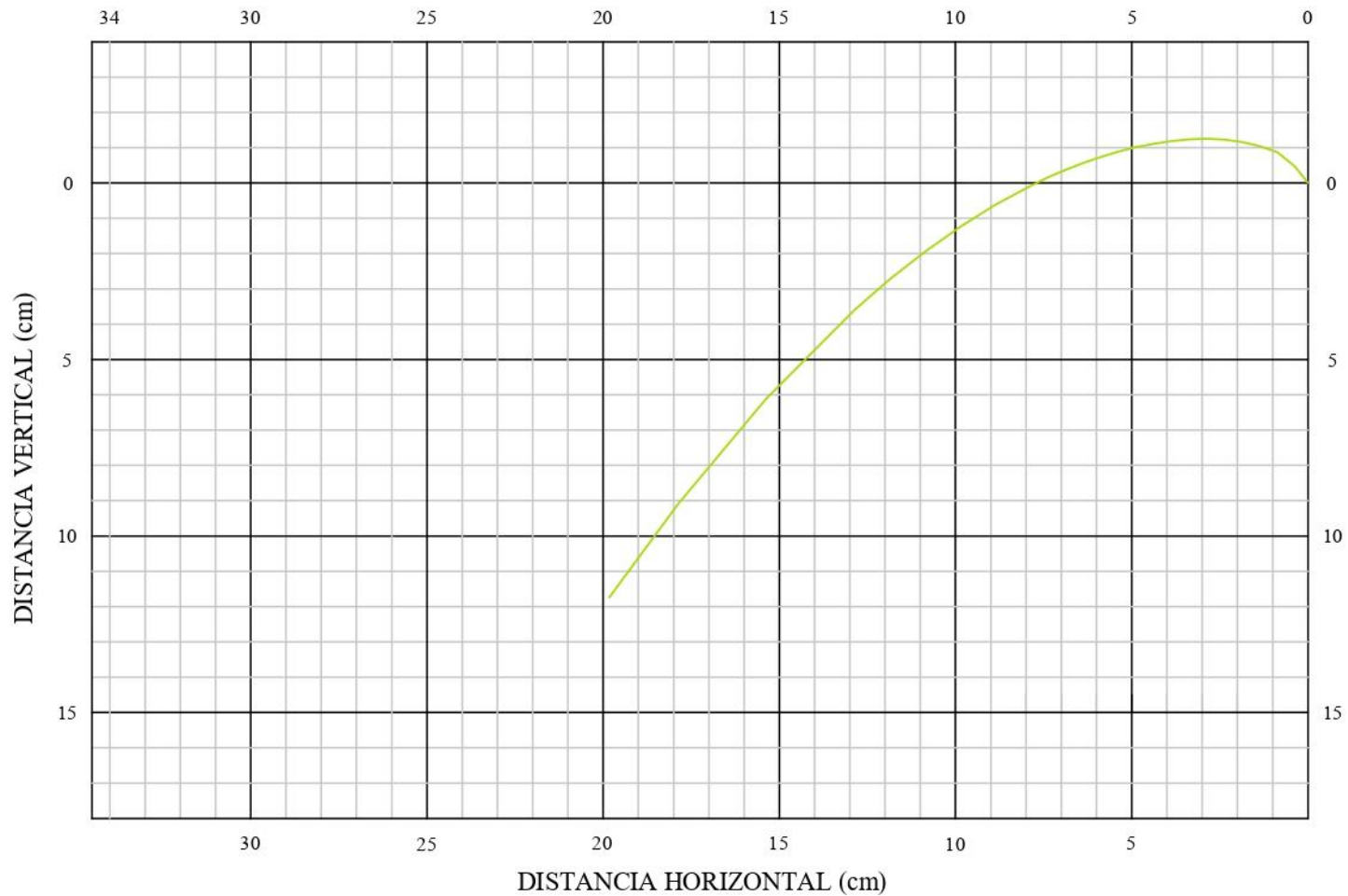
CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER

Escala: <b>1:5</b>	Proyecto de Investigación: <b>"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</b>	Profundidad (m)	0.100	<b>A4</b>
		Relación P/H	0.50	
		Carga de diseño (m)	0.200	
		Fecha: 22/07/2019	Hora: 12:00:00	

## APÉNDICE 4. GRÁFICOS DE LA SILUETA MODIFICADA DE VERTEDEROS DE PERFIL TIPO CREAGER PARA COMPARACIÓN CON LOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

Se presentan los siguientes gráficos para  $P/H_d$ .





CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS MODIFICADOS DE PERFIL CREAGER

Escala:

1:2

Proyecto de Investigación:

"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS  
DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Profundidad (m)

0.3119

Relación P/H

2.996

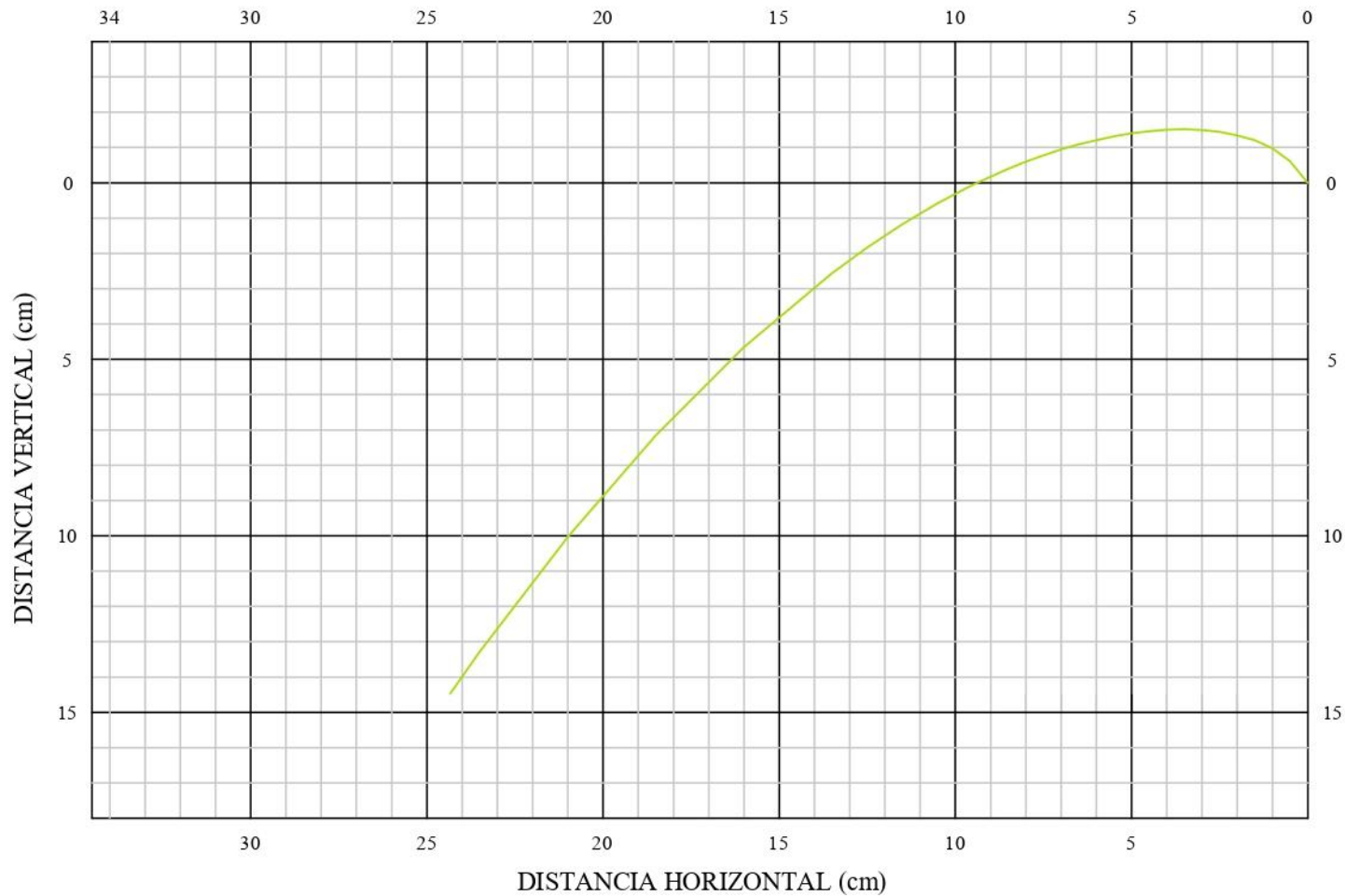
Carga de diseño (m)

0.1041

Fecha: 05/08/2019

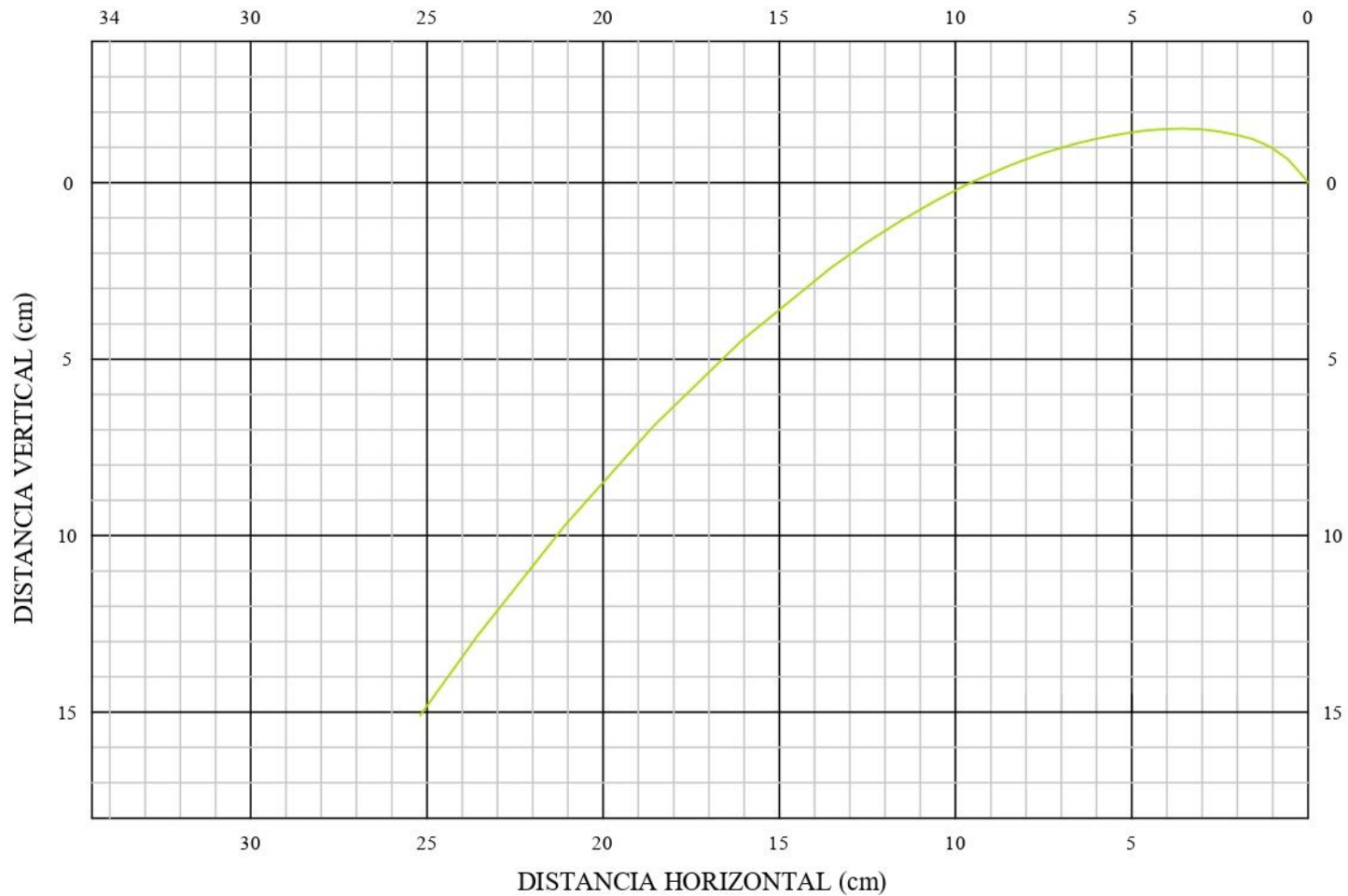
Hora: 12:00:00

A4



CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS MODIFICADOS DE PERFIL CREAGER

Escala: <b>1:2</b>	Proyecto de Investigación: <b>"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</b>	Profundidad (m)	0.3281	<b>A4</b>
		Relación P/H	2.565	
		Carga de diseño (m)	0.1279	
		Fecha: 12/08/2019	Hora: 12:00:00	



CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS MODIFICADOS DE PERFIL CREAGER

Escala:

1:2

Proyecto de Investigación:

"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS  
DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"

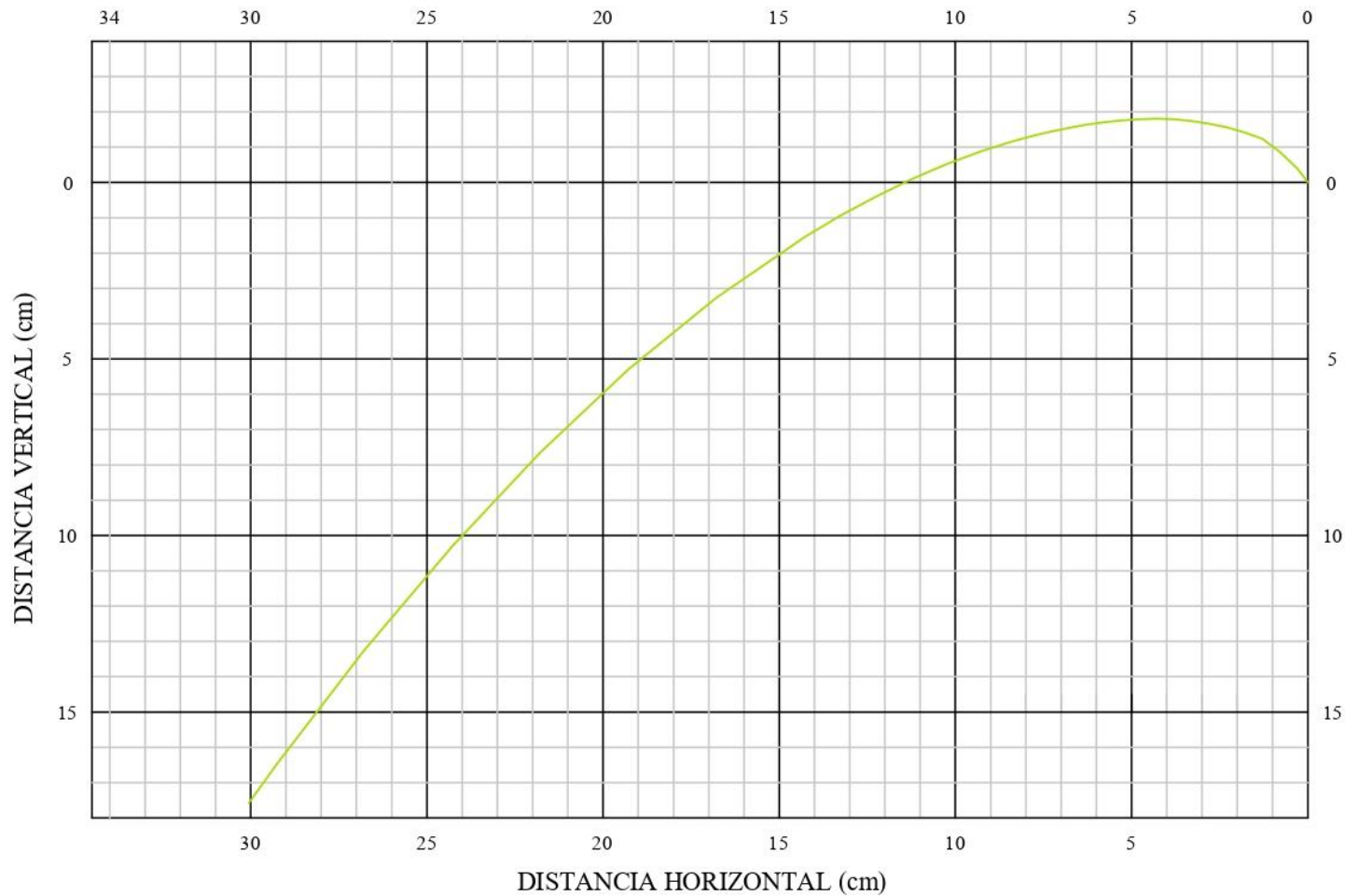
Profundidad (m) 0.2634

Relación P/H 1.986

Carga de diseño (m) 0.1326

Fecha: 19/08/2019 Hora: 12:00:00

A4



CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS MODIFICADOS DE PERFIL CREAGER

Escala:

1:2

Proyecto de Investigación:

"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"

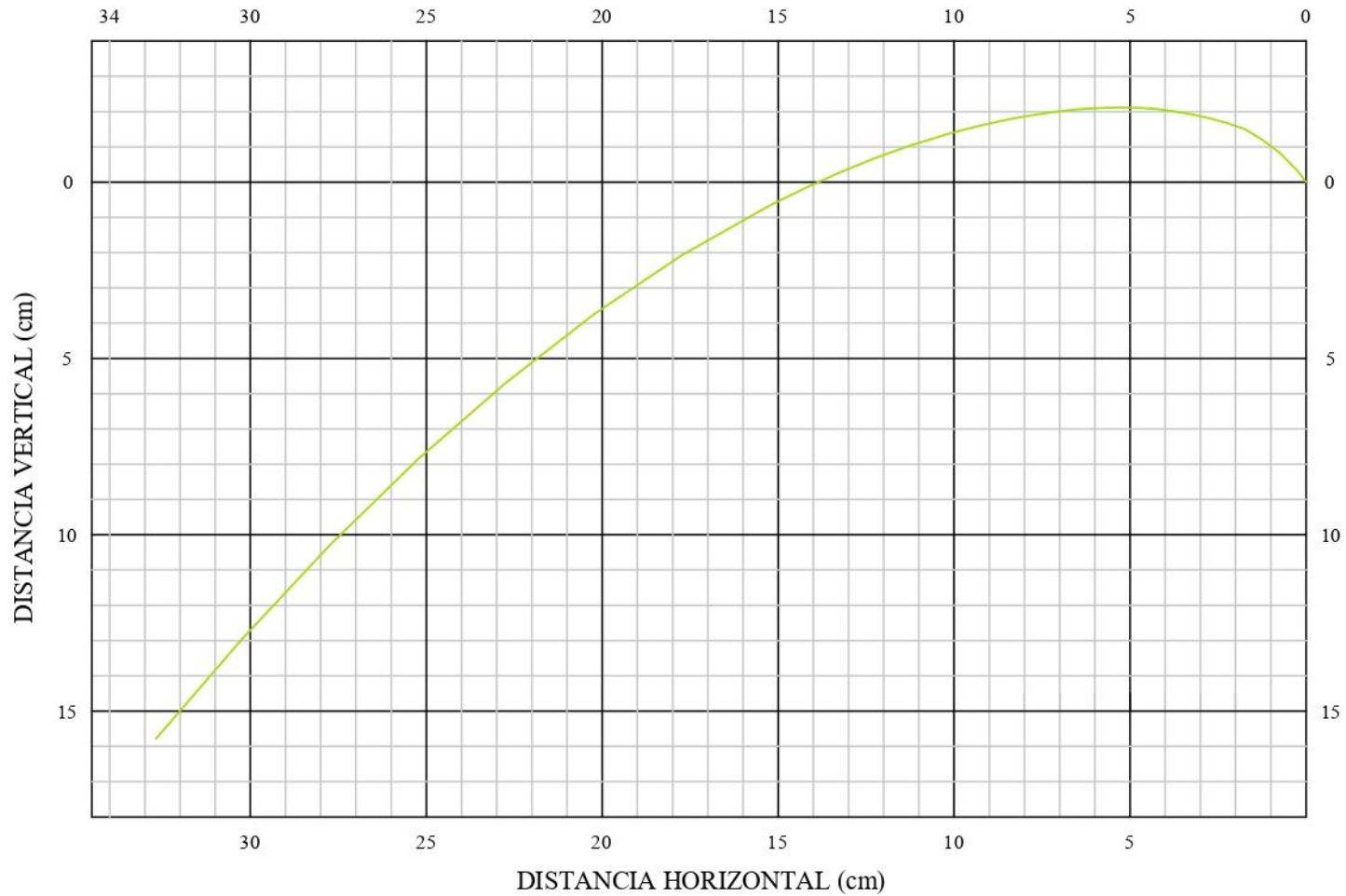
Profundidad (m) 0.2455

Relación P/H 1.511

Carga de diseño (m) 0.1625

Fecha: 26/08/2019 Hora: 12:00:00

A4



CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS MODIFICADOS DE PERFIL CREAGER

Escala:

**1:2**

Proyecto de Investigación:

**"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS  
DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"**

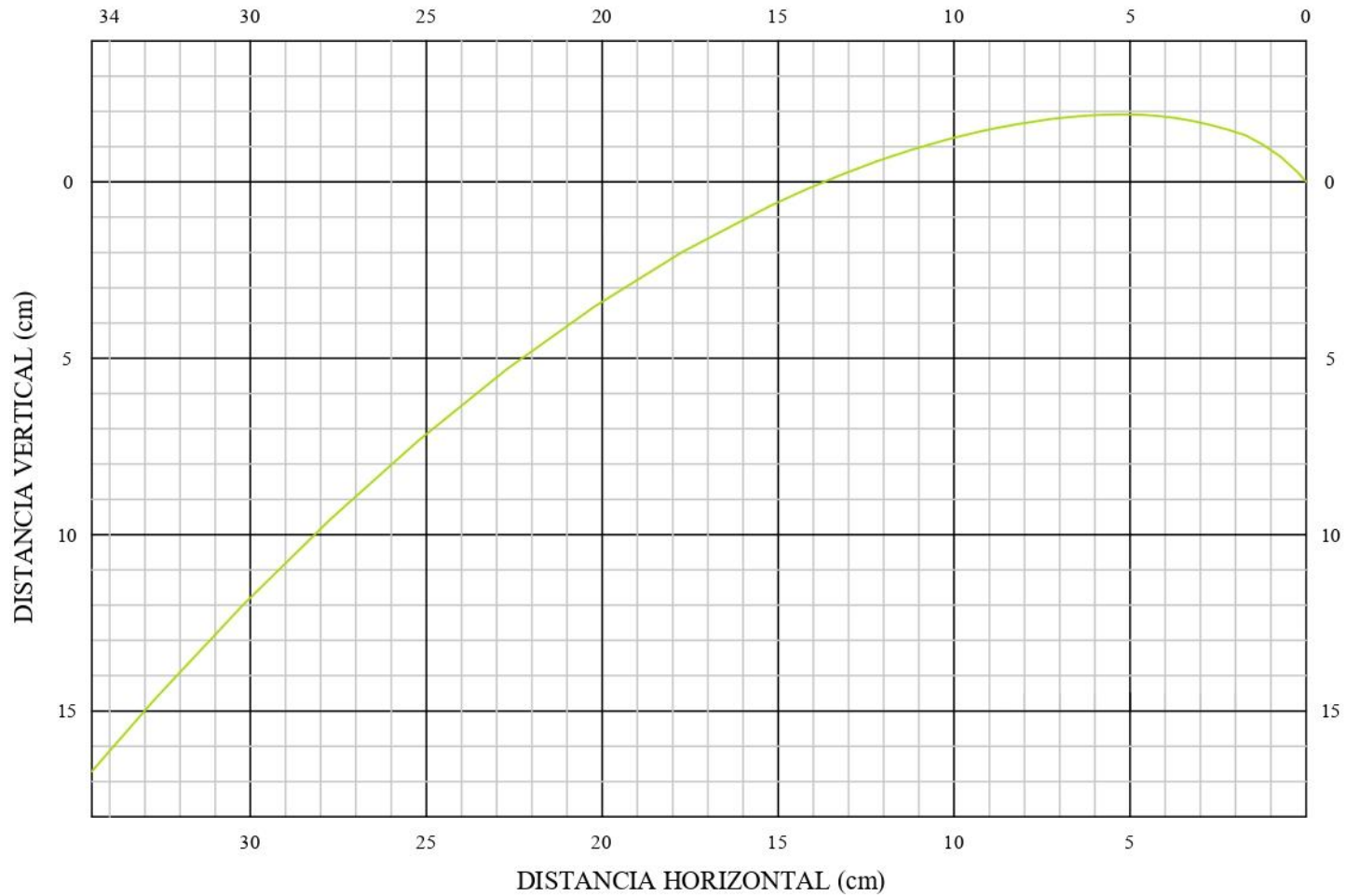
Profundidad (m) *0.2198*

Relación P/H *1.071*

Carga de diseño (m) *0.2052*

Fecha: *02/09/2019* Hora: *12:00:00*

**A4**



CONSTRUCCIÓN GRÁFICA DE LA SUPERFICIE DE VERTEDEROS MODIFICADOS DE PERFIL CREAGER

Escala: <b>1:2</b>	Proyecto de Investigación: <b>"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"</b>	Profundidad (m)	0.1168	<b>A4</b>
		Relación P/H	0.521	
		Carga de diseño (m)	0.2242	
		Fecha: 09/09/2019	Hora: 12:00:00	



**ANEXO C. TABLAS Y GRÁFICOS DE LA W.E.S. PARA P/Hd  
DEFINIDOS**

## APÉNDICE 1. TABLAS TEÓRICAS PARA P/Hd DEFINIDOS

### APÉNDICE 1.1. Diseño 1 ( $P/H_d = 3.00$ )

Eje X	Eje y				
	y/Hd				
	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd
x/Hd	0.500	1.000	1.170	1.330	1.500
-0.30					
-0.28					
-0.26	0.473	0.369	0.233	0.133	-0.267
-0.24	0.406	0.202	0.033	-0.245	-0.628
-0.22	0.353	0.133	-0.092	-0.350	-0.767
-0.20	0.327	0.063	-0.142	-0.391	-0.762
-0.18	0.303	0.030	-0.169	-0.415	-0.766
-0.16	0.292	0.033	-0.174	-0.398	-0.745
-0.14	0.281	0.035	-0.147	-0.373	-0.673
-0.12	0.273	0.043	-0.132	-0.335	-0.617
-0.10	0.264	0.048	-0.113	-0.310	-0.588
-0.08	0.248	0.051	-0.108	-0.289	-0.565
-0.06	0.238	0.047	-0.096	-0.281	-0.553
-0.04	0.230	0.048	-0.090	-0.271	-0.533
-0.02	0.227	0.048	-0.086	-0.261	-0.511
0.00	0.207	0.045	-0.083	-0.255	-0.495
0.10	0.193	0.041	-0.075	-0.227	-0.427
0.20	0.177	0.048	-0.057	-0.183	-0.349
0.30	0.161	0.056	-0.048	-0.164	-0.319
0.40	0.138	0.048	-0.040	-0.150	-0.286
0.50	0.131	0.047	-0.039	-0.139	-0.258
0.60	0.118	0.040	-0.038	-0.128	-0.243
0.70	0.108	0.041	-0.038	-0.109	-0.217
0.80	0.098	0.041	-0.031	-0.096	-0.185
0.90	0.083	0.046	-0.008	-0.077	-0.162
1.00	0.067	0.043	-0.008	-0.058	-0.133
1.10	0.064	0.038	-0.008	-0.046	-0.100
1.20	0.054	0.037	-0.008	-0.033	-0.082
1.30					
1.40					
1.50					

**APÉNDICE 1.2. Diseño 2 ( $P/H_d = 2.50$ )**

Eje X	Eje y				
	y/Hd				
	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd
x/Hd	0.500	1.000	1.170	1.330	1.500
-0.30					
-0.28					
-0.26	0.480	0.381	0.275	0.200	-0.100
-0.24	0.413	0.229	0.100	-0.139	-0.476
-0.22	0.362	0.181	-0.044	-0.288	-0.656
-0.20	0.335	0.095	-0.094	-0.329	-0.664
-0.18	0.306	0.042	-0.149	-0.384	-0.717
-0.16	0.291	0.038	-0.167	-0.384	-0.726
-0.14	0.282	0.031	-0.149	-0.371	-0.676
-0.12	0.277	0.048	-0.121	-0.323	-0.613
-0.10	0.269	0.059	-0.096	-0.285	-0.568
-0.08	0.256	0.067	-0.094	-0.258	-0.536
-0.06	0.244	0.065	-0.078	-0.257	-0.528
-0.04	0.234	0.069	-0.071	-0.248	-0.506
-0.02	0.231	0.069	-0.068	-0.237	-0.487
0.00	0.215	0.064	-0.069	-0.236	-0.476
0.10	0.193	0.039	-0.084	-0.235	-0.450
0.20	0.173	0.032	-0.056	-0.186	-0.369
0.30	0.162	0.054	-0.049	-0.167	-0.337
0.40	0.134	0.042	-0.040	-0.148	-0.296
0.50	0.132	0.049	-0.038	-0.138	-0.269
0.60	0.116	0.040	-0.034	-0.131	-0.260
0.70	0.107	0.042	-0.034	-0.108	-0.228
0.80	0.099	0.042	-0.026	-0.097	-0.191
0.90	0.088	0.053	0.006	-0.073	-0.164
1.00	0.075	0.056	0.006	-0.044	-0.128
1.10	0.069	0.047	0.004	-0.034	-0.100
1.20	0.059	0.046	0.004	-0.025	-0.084
1.30					
1.40					
1.50					

**APÉNDICE 1.3. Diseño 3 ( $P/H_d = 2.00$ )**

Eje X	Eje y				
	y/Hd				
	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd
x/Hd	0.500	1.000	1.170	1.330	1.500
-0.30					
-0.28					
-0.26	0.487	0.392	0.317	0.267	0.067
-0.24	0.420	0.256	0.167	-0.033	-0.324
-0.22	0.371	0.229	0.004	-0.225	-0.546
-0.20	0.343	0.127	-0.046	-0.268	-0.566
-0.18	0.309	0.054	-0.130	-0.353	-0.668
-0.16	0.291	0.044	-0.160	-0.369	-0.708
-0.14	0.283	0.028	-0.151	-0.369	-0.679
-0.12	0.281	0.052	-0.111	-0.310	-0.608
-0.10	0.275	0.069	-0.079	-0.260	-0.547
-0.08	0.264	0.083	-0.079	-0.227	-0.508
-0.06	0.251	0.083	-0.060	-0.233	-0.502
-0.04	0.238	0.091	-0.053	-0.225	-0.479
-0.02	0.236	0.091	-0.050	-0.213	-0.463
0.00	0.223	0.083	-0.054	-0.218	-0.458
0.10	0.194	0.038	-0.093	-0.243	-0.473
0.20	0.168	0.016	-0.056	-0.189	-0.390
0.30	0.163	0.053	-0.049	-0.170	-0.355
0.40	0.131	0.036	-0.040	-0.145	-0.305
0.50	0.133	0.051	-0.037	-0.137	-0.279
0.60	0.114	0.040	-0.031	-0.134	-0.277
0.70	0.106	0.043	-0.031	-0.107	-0.238
0.80	0.099	0.043	-0.020	-0.098	-0.198
0.90	0.092	0.060	0.021	-0.068	-0.166
1.00	0.083	0.069	0.021	-0.029	-0.122
1.10	0.075	0.056	0.016	-0.023	-0.100
1.20	0.065	0.055	0.016	-0.017	-0.086
1.30					
1.40					
1.50					

**APÉNDICE 1.4. Diseño 4 ( $P/H_d = 1.50$ )**

Eje X	Eje y				
	y/Hd				
	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd
x/Hd	0.500	1.000	1.170	1.330	1.500
-0.30					
-0.28					
-0.26	0.493	0.404	0.358	0.333	0.233
-0.24	0.428	0.283	0.233	0.074	-0.172
-0.22	0.381	0.277	0.052	-0.163	-0.435
-0.20	0.352	0.158	0.002	-0.206	-0.468
-0.18	0.312	0.066	-0.110	-0.321	-0.619
-0.16	0.290	0.049	-0.152	-0.355	-0.689
-0.14	0.284	0.024	-0.153	-0.367	-0.682
-0.12	0.286	0.056	-0.100	-0.298	-0.604
-0.10	0.280	0.080	-0.062	-0.235	-0.526
-0.08	0.272	0.099	-0.065	-0.196	-0.479
-0.06	0.258	0.102	-0.043	-0.209	-0.476
-0.04	0.241	0.113	-0.034	-0.201	-0.452
-0.02	0.240	0.113	-0.033	-0.189	-0.439
0.00	0.232	0.101	-0.040	-0.199	-0.439
0.10	0.194	0.036	-0.101	-0.252	-0.497
0.20	0.164	0.001	-0.055	-0.192	-0.410
0.30	0.164	0.051	-0.050	-0.172	-0.372
0.40	0.128	0.031	-0.040	-0.143	-0.315
0.50	0.134	0.053	-0.036	-0.136	-0.290
0.60	0.112	0.040	-0.028	-0.137	-0.293
0.70	0.106	0.044	-0.028	-0.106	-0.249
0.80	0.100	0.044	-0.015	-0.099	-0.204
0.90	0.096	0.068	0.035	-0.064	-0.168
1.00	0.092	0.082	0.035	-0.015	-0.116
1.10	0.080	0.066	0.028	-0.011	-0.100
1.20	0.070	0.063	0.028	-0.008	-0.088
1.30					
1.40					
1.50					

**APÉNDICE 1.5. Diseño 5 ( $P/H_d = 1.00$ )**

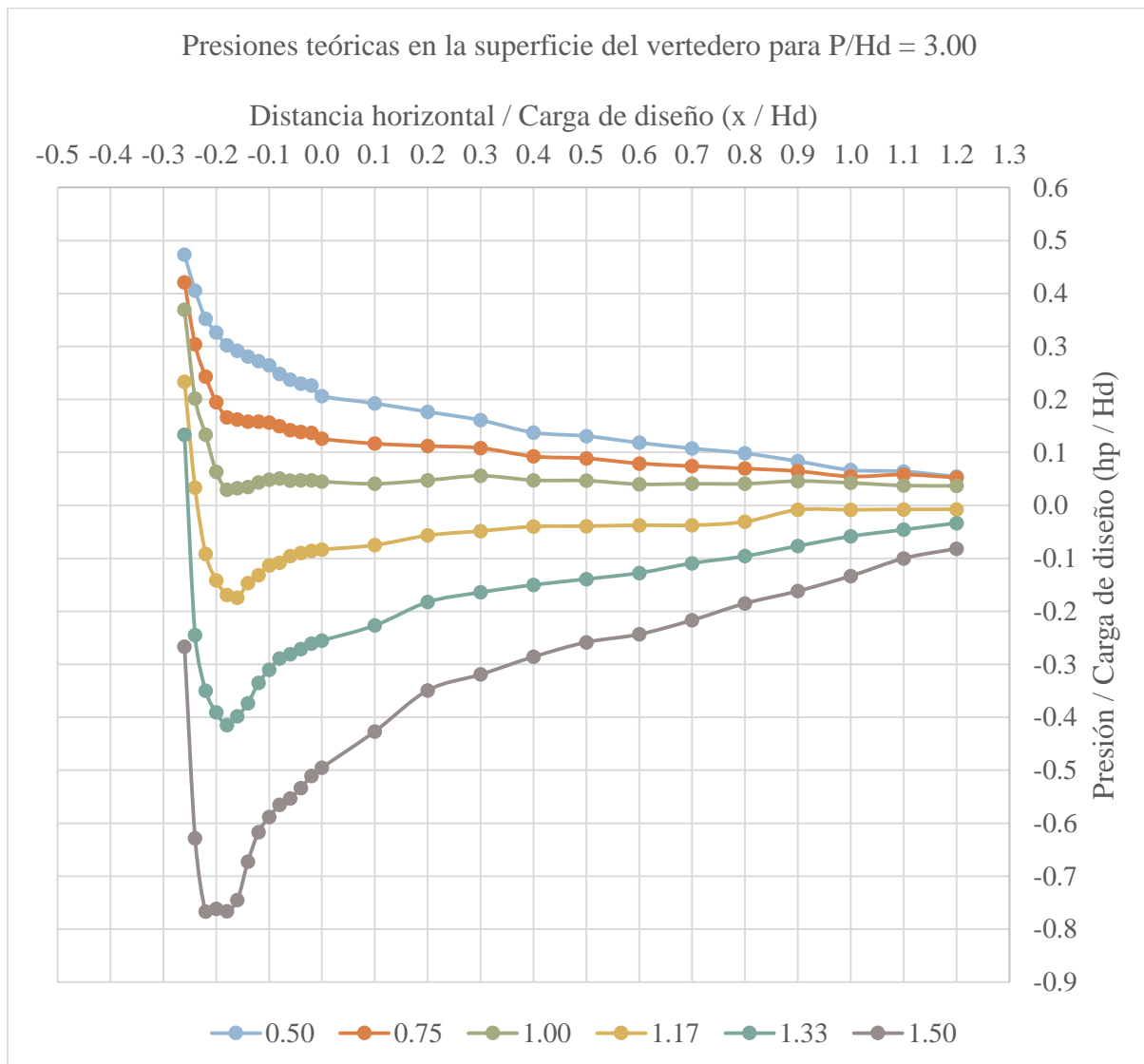
Eje X	Eje y				
	y/Hd				
	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd
x/Hd	0.500	1.000	1.170	1.330	1.500
-0.30					
-0.28					
-0.26	0.500	0.415	0.400	0.400	0.400
-0.24	0.435	0.310	0.300	0.180	-0.020
-0.22	0.390	0.325	0.100	-0.100	-0.325
-0.20	0.360	0.190	0.050	-0.145	-0.370
-0.18	0.315	0.078	-0.090	-0.290	-0.570
-0.16	0.290	0.055	-0.145	-0.340	-0.670
-0.14	0.285	0.020	-0.155	-0.365	-0.685
-0.12	0.290	0.060	-0.090	-0.285	-0.600
-0.10	0.285	0.090	-0.045	-0.210	-0.505
-0.08	0.280	0.115	-0.050	-0.165	-0.450
-0.06	0.265	0.120	-0.025	-0.185	-0.450
-0.04	0.245	0.135	-0.015	-0.178	-0.425
-0.02	0.245	0.135	-0.015	-0.165	-0.415
0.00	0.240	0.120	-0.025	-0.180	-0.420
0.10	0.195	0.035	-0.110	-0.260	-0.520
0.20	0.160	-0.015	-0.055	-0.195	-0.430
0.30	0.165	0.050	-0.050	-0.175	-0.390
0.40	0.125	0.025	-0.040	-0.140	-0.325
0.50	0.135	0.055	-0.035	-0.135	-0.300
0.60	0.110	0.040	-0.025	-0.140	-0.310
0.70	0.105	0.045	-0.025	-0.105	-0.260
0.80	0.100	0.045	-0.010	-0.100	-0.210
0.90	0.100	0.075	0.050	-0.060	-0.170
1.00	0.100	0.095	0.050	0.000	-0.110
1.10	0.085	0.075	0.040	0.000	-0.100
1.20	0.075	0.072	0.040	0.000	-0.090
1.30	0.075	0.070	0.045	0.050	-0.065
1.40	0.045	0.020	0.000	-0.025	-0.105
1.50	0.060	0.055	0.020	-0.115	-0.055

**APÉNDICE 1.6.** *Diseño 6* ( $P/H_d = 0.50$ )

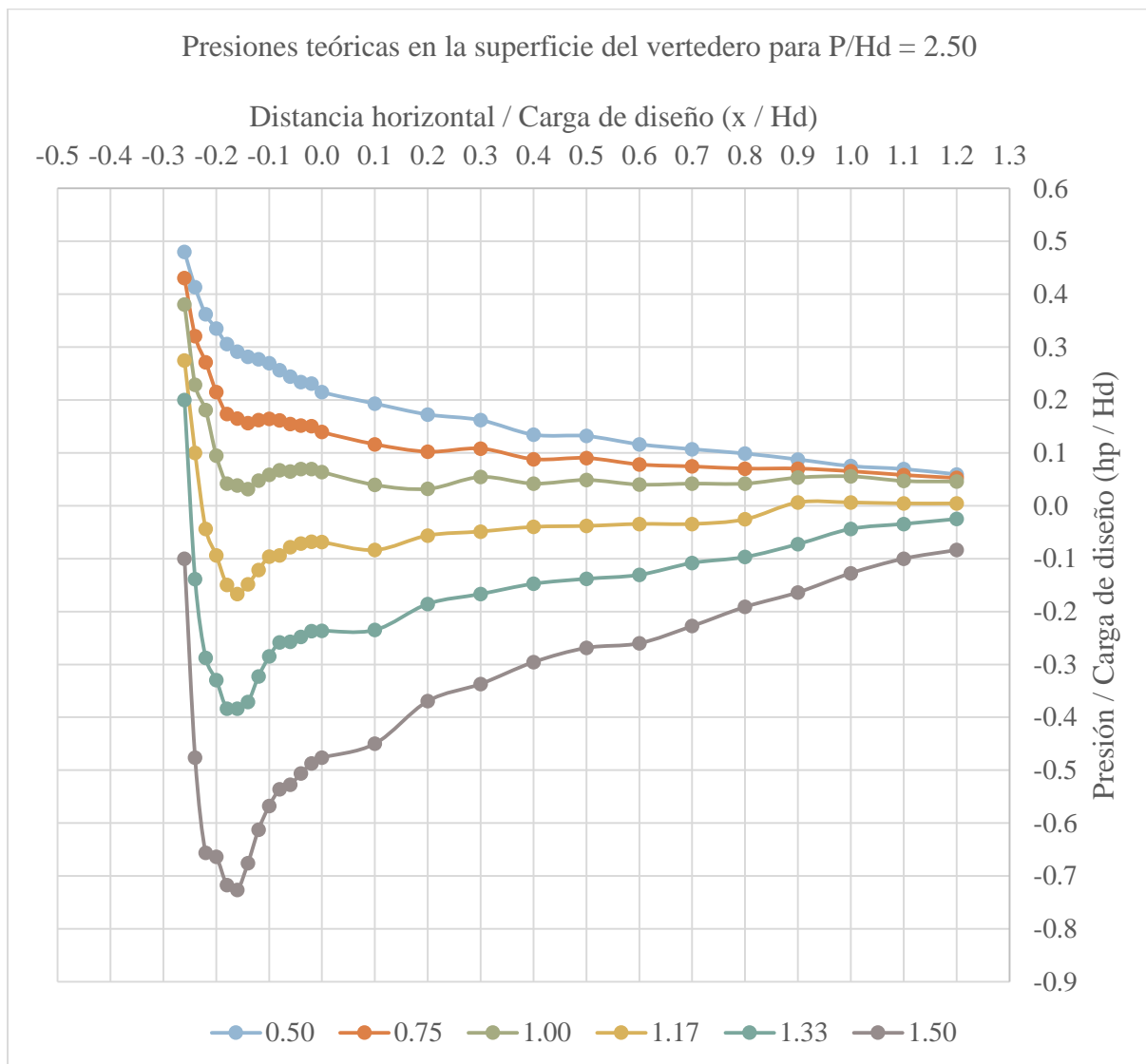
Eje X	Eje y				
	y/Hd				
	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd	H/Hd
x/Hd	0.500	1.000	1.170	1.330	1.500
-0.30					
-0.28					
-0.26					
-0.24	0.565	0.500	0.500	0.480	0.260
-0.22	0.435	0.430	0.300	0.200	0.040
-0.20	0.400	0.385	0.275	0.150	0.000
-0.18	0.370	0.300	0.190	0.065	-0.120
-0.16	0.350	0.215	0.100	-0.030	-0.300
-0.14	0.300	0.125	-0.035	-0.170	-0.435
-0.12	0.270	0.080	-0.100	-0.240	-0.520
-0.10	0.260	0.045	-0.120	-0.320	-0.590
-0.08	0.250	0.025	-0.135	-0.330	-0.645
-0.06	0.235	0.005	-0.155	-0.340	-0.665
-0.04	0.215	-0.025	-0.200	-0.390	-0.700
-0.02	0.205	-0.035	-0.220	-0.400	-0.750
0.00	0.215	0.005	-0.160	-0.305	-0.615
0.10	0.195	0.025	-0.095	-0.260	-0.490
0.20	0.180	0.060	-0.045	-0.175	-0.395
0.30	0.155	0.040	-0.060	-0.180	-0.380
0.40	0.120	0.005	-0.085	-0.200	-0.390
0.50	0.115	0.035	-0.065	-0.160	-0.315
0.60	0.110	0.030	-0.045	-0.130	-0.290
0.70	0.085	0.025	-0.045	-0.130	-0.275
0.80	0.065	0.005	-0.065	-0.140	-0.265
0.90	0.065	0.005	-0.050	-0.125	-0.230
1.00	0.060	0.015	-0.040	-0.105	-0.195
1.10	0.060	0.025	-0.025	-0.085	-0.160
1.20	0.055	0.025	-0.015	-0.070	-0.135
1.30	0.045	0.005	-0.035	-0.085	-0.140
1.40	0.055	0.025	-0.005	-0.045	-0.080
1.50					

## APÉNDICE 2. GRÁFICOS TEÓRICOS PARA P/Hd DEFINIDOS

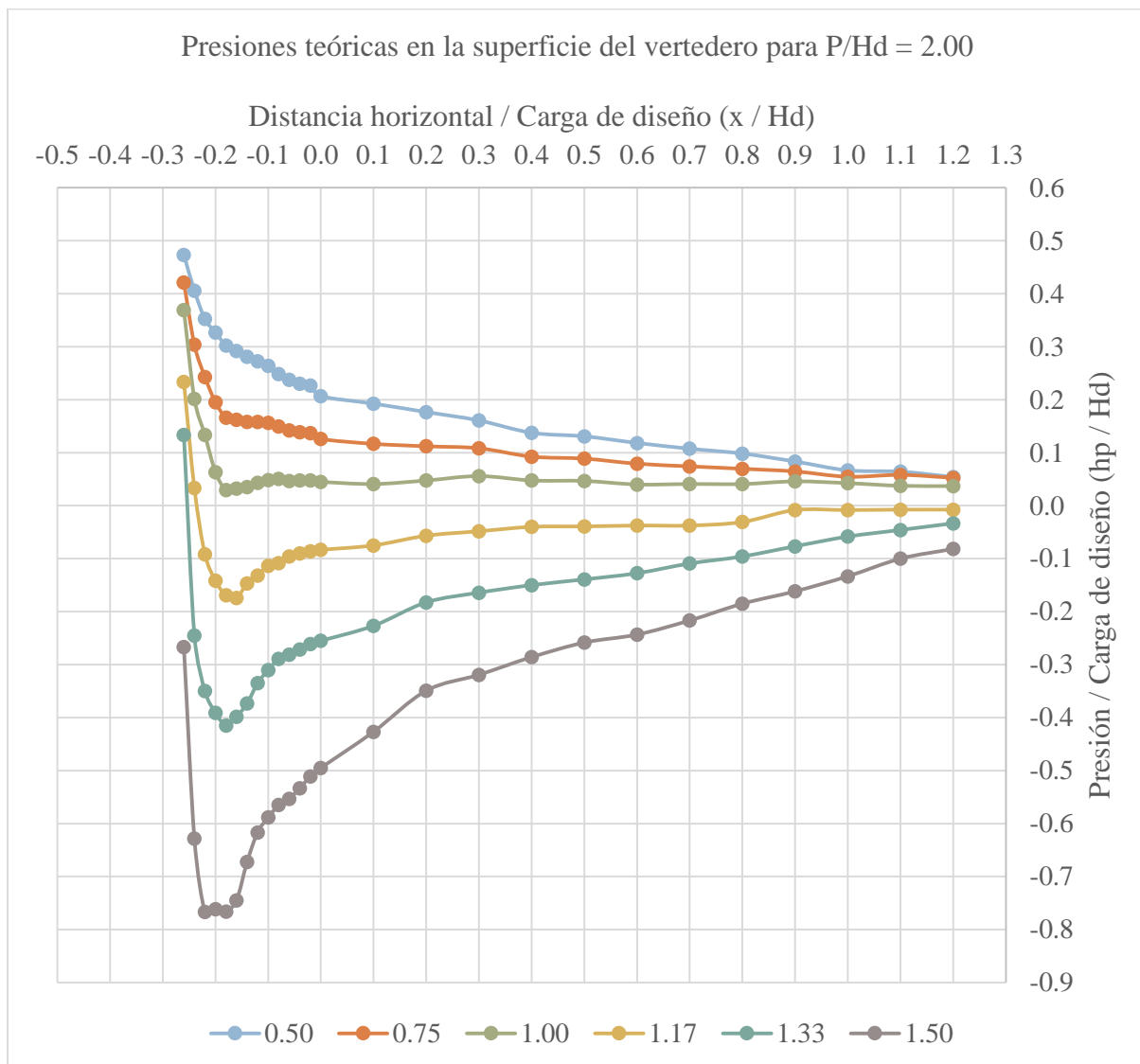
### APÉNDICE 2.1. Diseño 1 ( $P/H_d = 3.00$ )



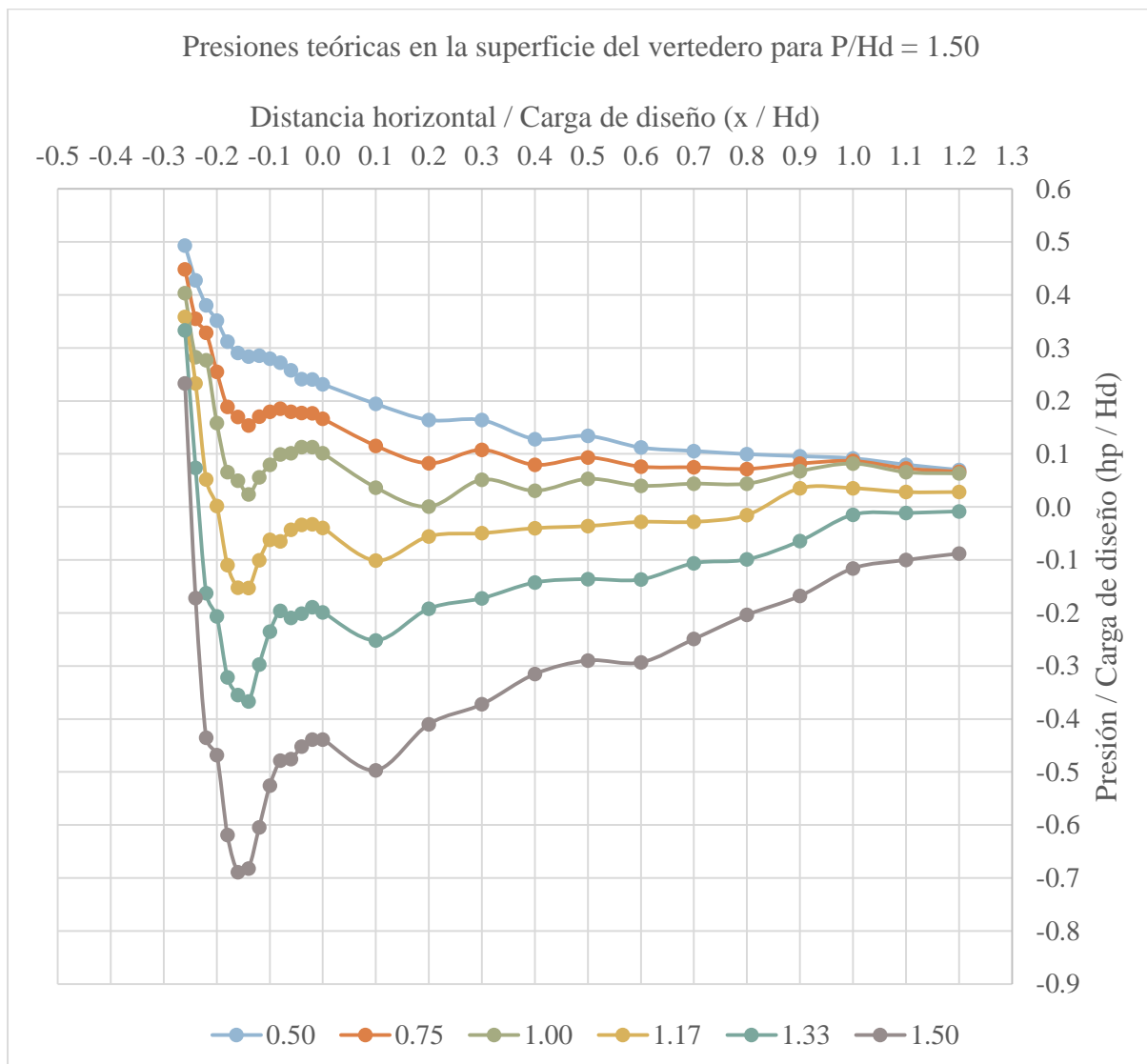
**APÉNDICE 2.2. Diseño 2 ( $P/H_d = 2.50$ )**



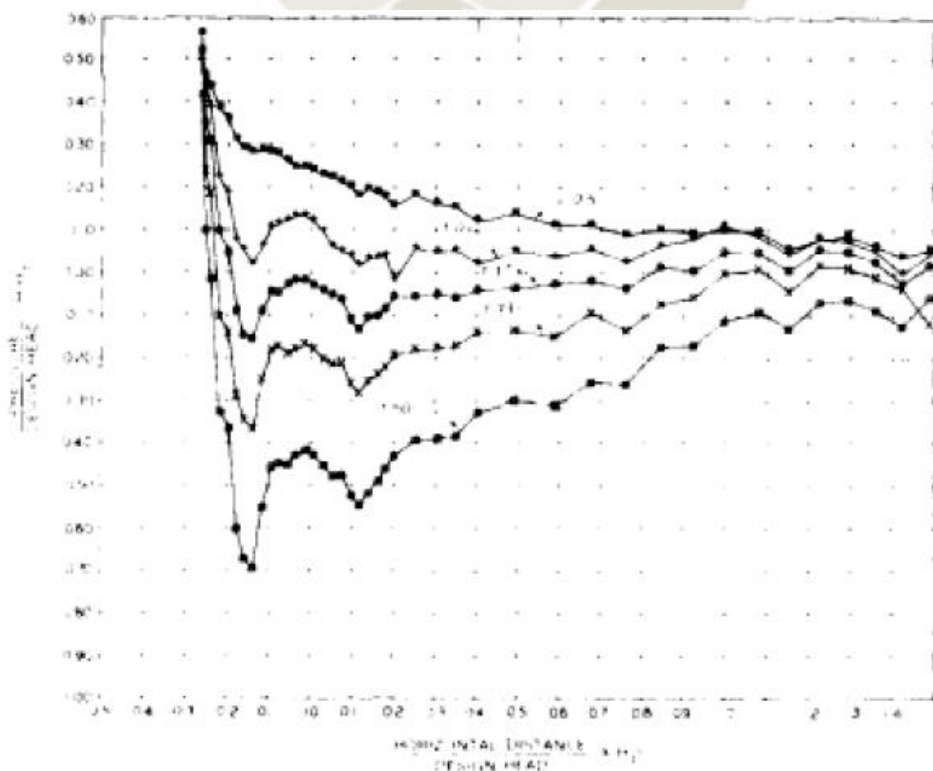
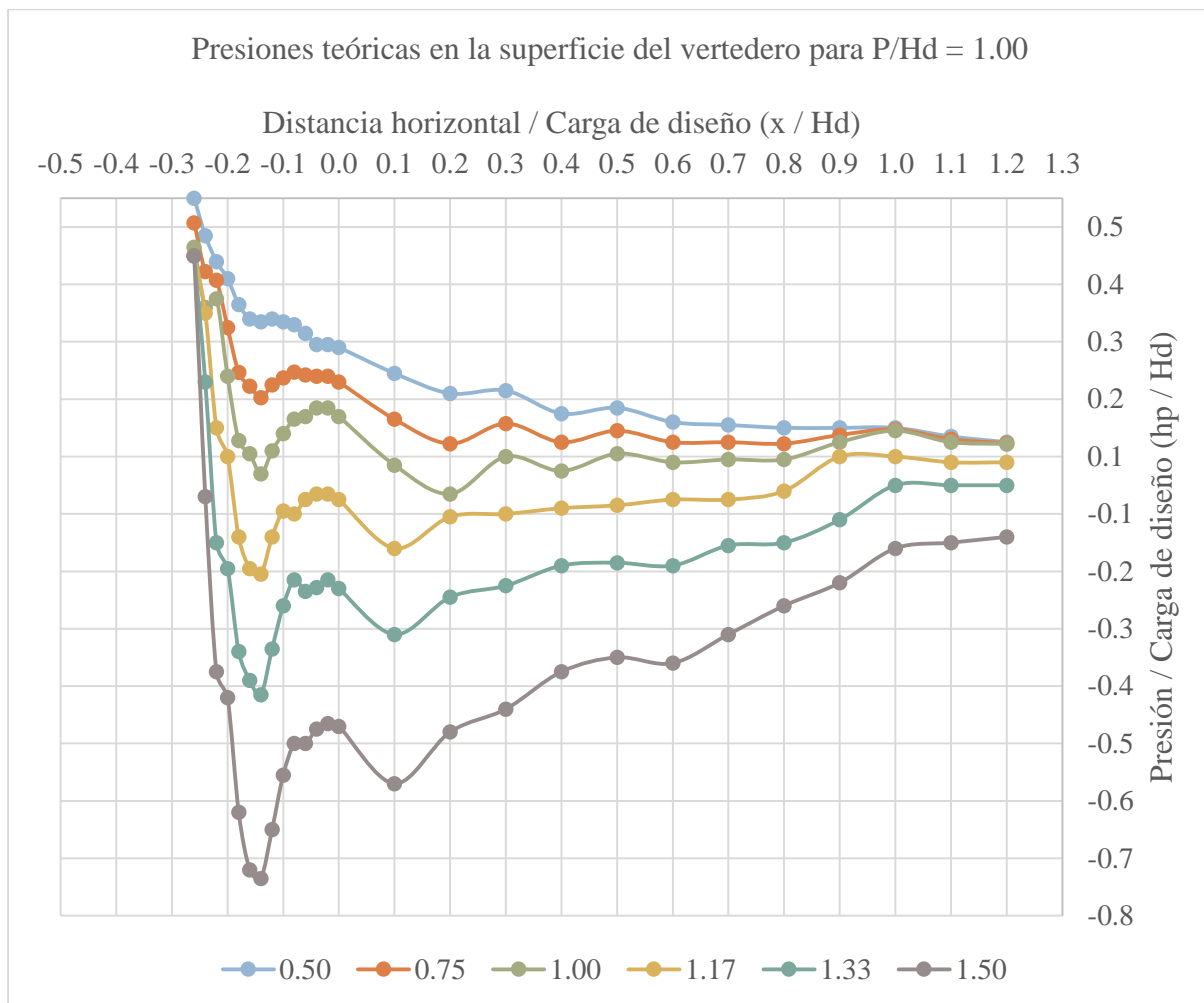
**APÉNDICE 2.3. Diseño 3 ( $P/H_d = 2.00$ )**



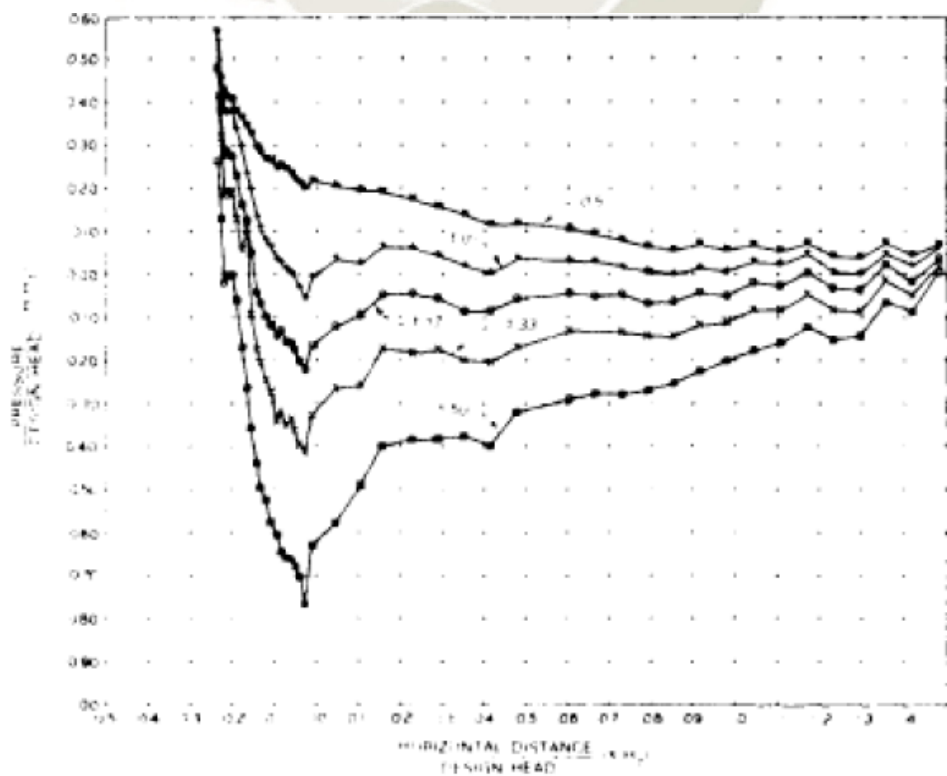
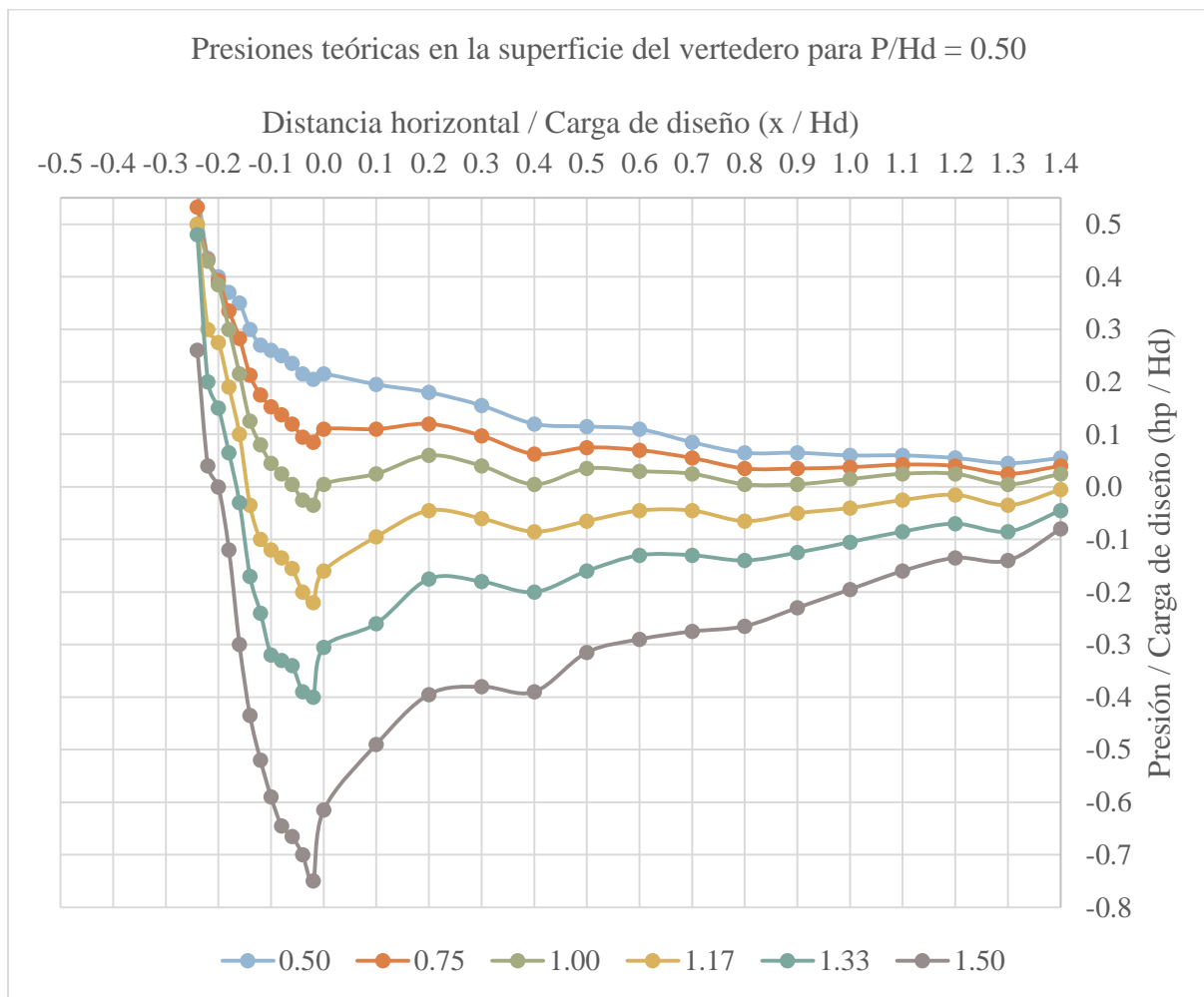
**APÉNDICE 2.4. Diseño 4 ( $P/H_d = 1.50$ )**



APÉNDICE 2.5. Diseño 5 ( $P/H_d = 1.00$ )



APÉNDICE 2.6. Diseño 6 ( $P/H_d = 0.50$ )



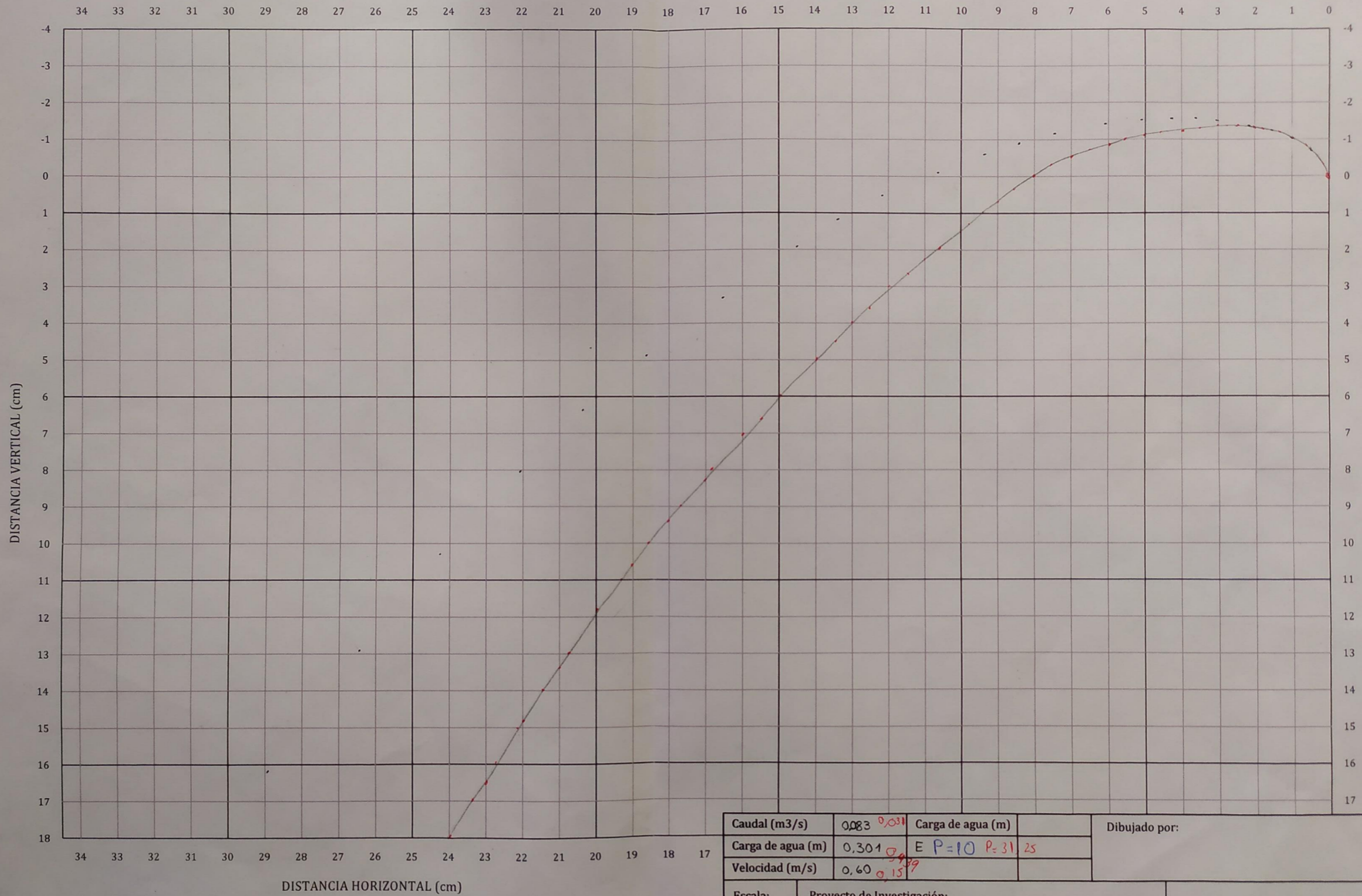


**ANEXO D. ESCANEADO DE PERFILES DE LA NAPA  
INFERIOR OBTENIDOS EN LABORATORIO**

## APÉNDICE 1. ESCANEADO DE LOS PERFILES DEL FLUJO TRAZADOS EN LABORATORIO.

Se presentan los siguientes gráficos en tamaño A3.

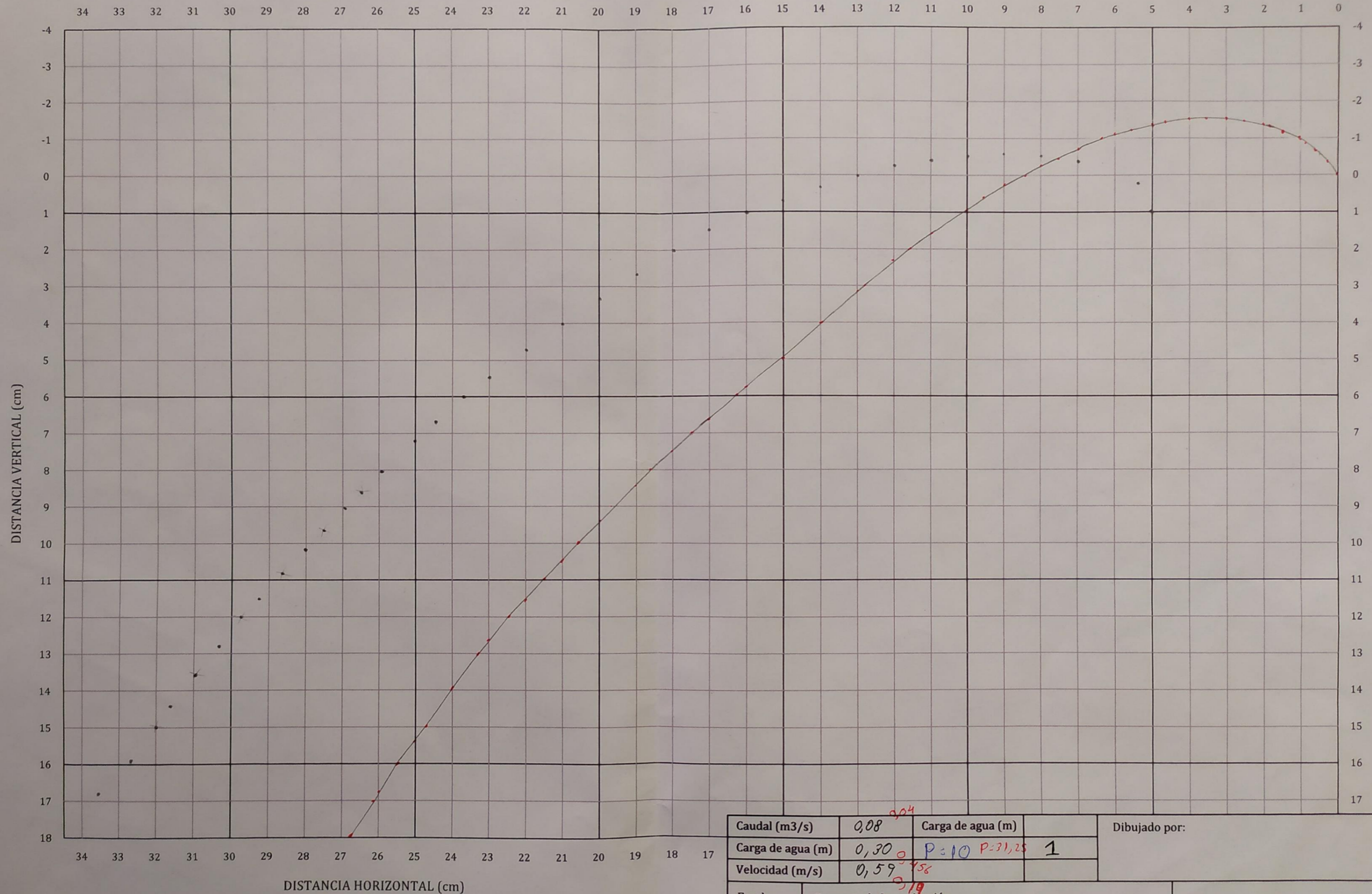




**COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL**

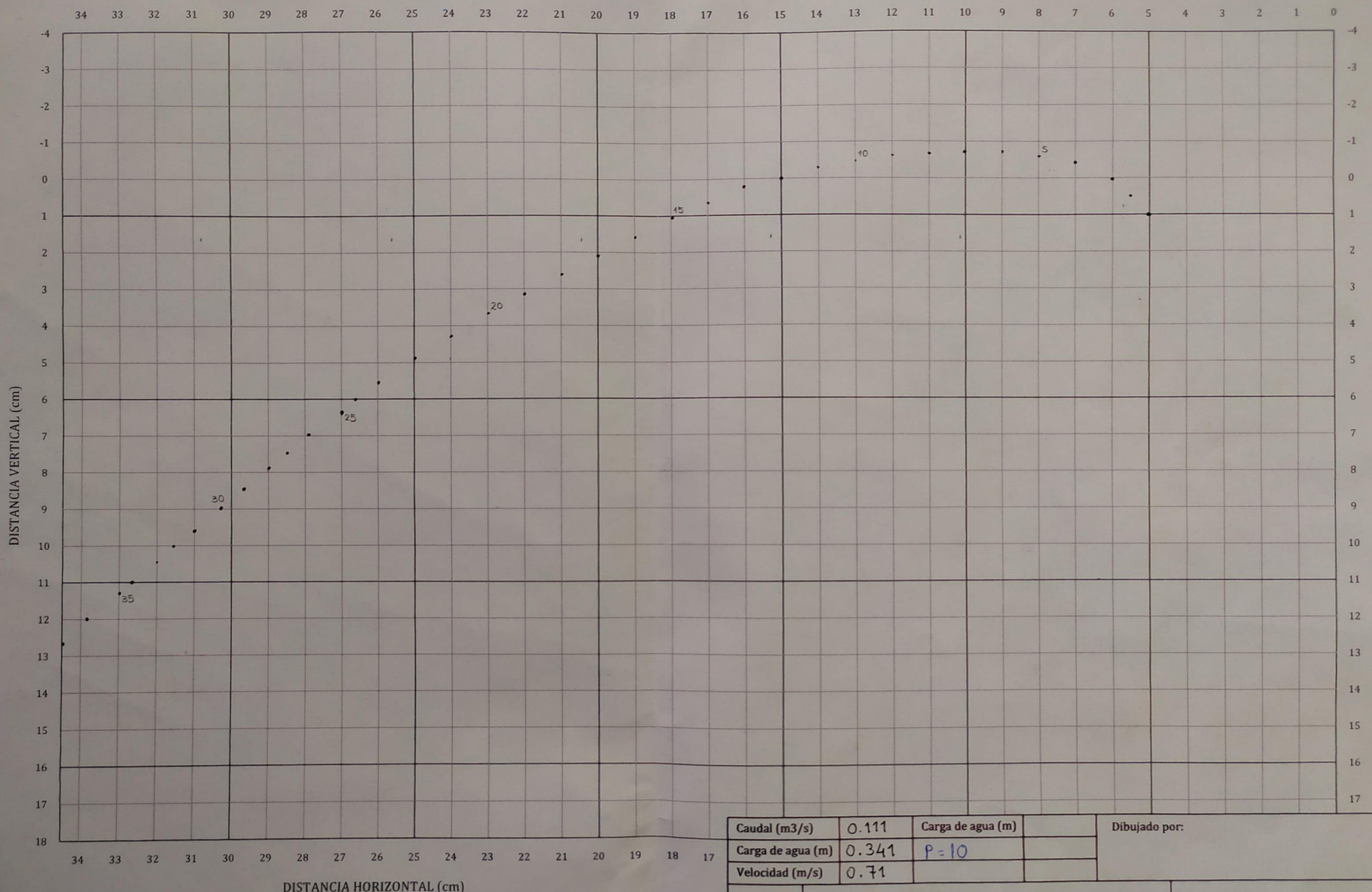
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,083 <sup>0,031</sup>	Carga de agua (m)		Dibujado por:
Carga de agua (m)	0,304 <sup>0,4</sup>	E P=10 P=31,25		
Velocidad (m/s)	0,60 <sup>0,15</sup>			
Escala:	Proyecto de Investigación:		P 10,00 - E3 (a)	
	"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"		2006/01/01 12:34 57	
			Fecha: 25/11/2007 22:50:03	A3
			Fecha: 05/08/2019	

12/08/2019



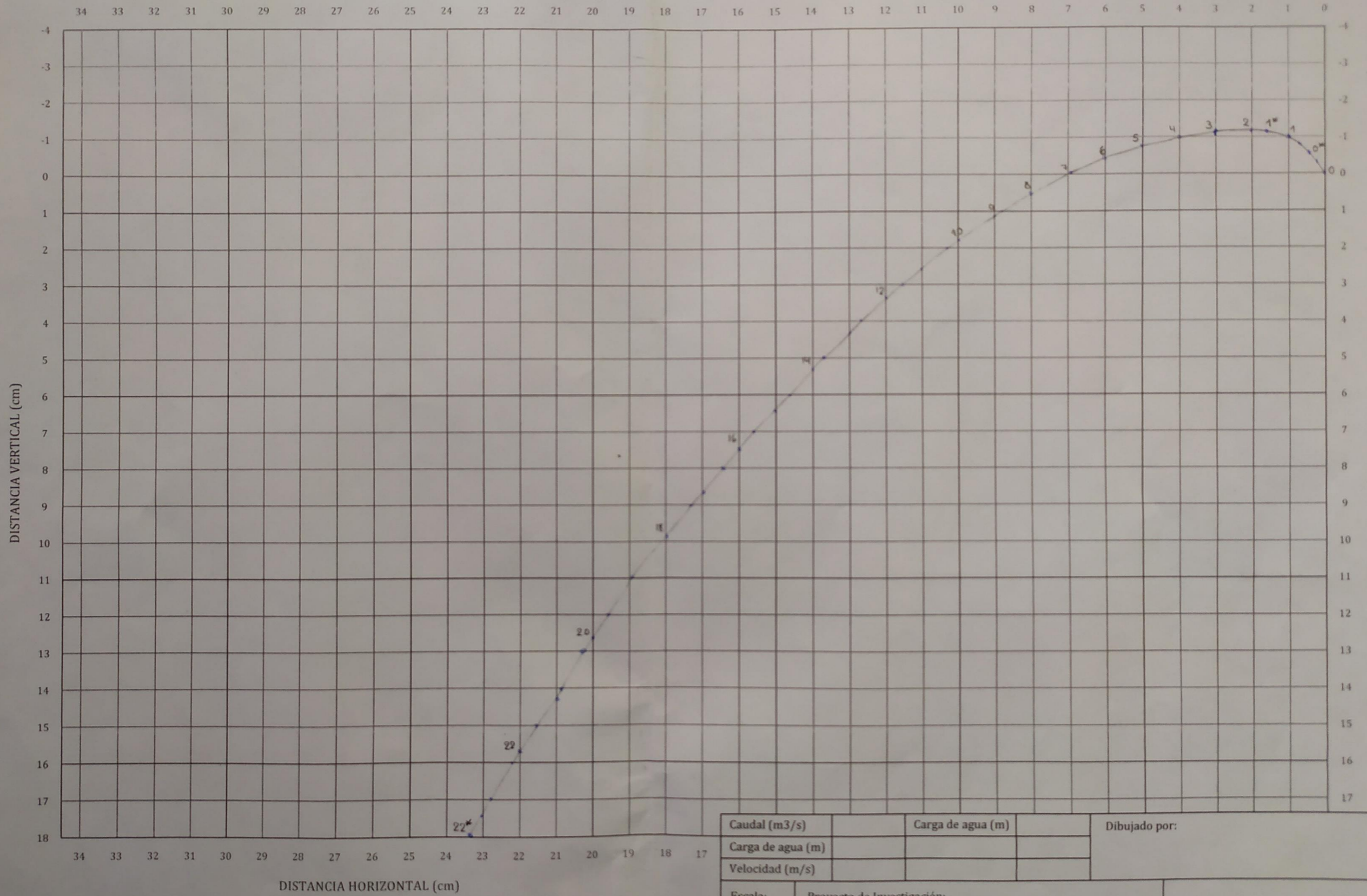
**COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,08	Carga de agua (m)		Dibujado por:
Carga de agua (m)	0,30	P=10 P=31,25	1	
Velocidad (m/s)	0,59			
Escala:	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 10.00 - E3 (b) 12/08/2019
				Fecha: 05/08/2019 F: 25/11/2007 22:50:00 2006/01/01 12:46:17
				A3



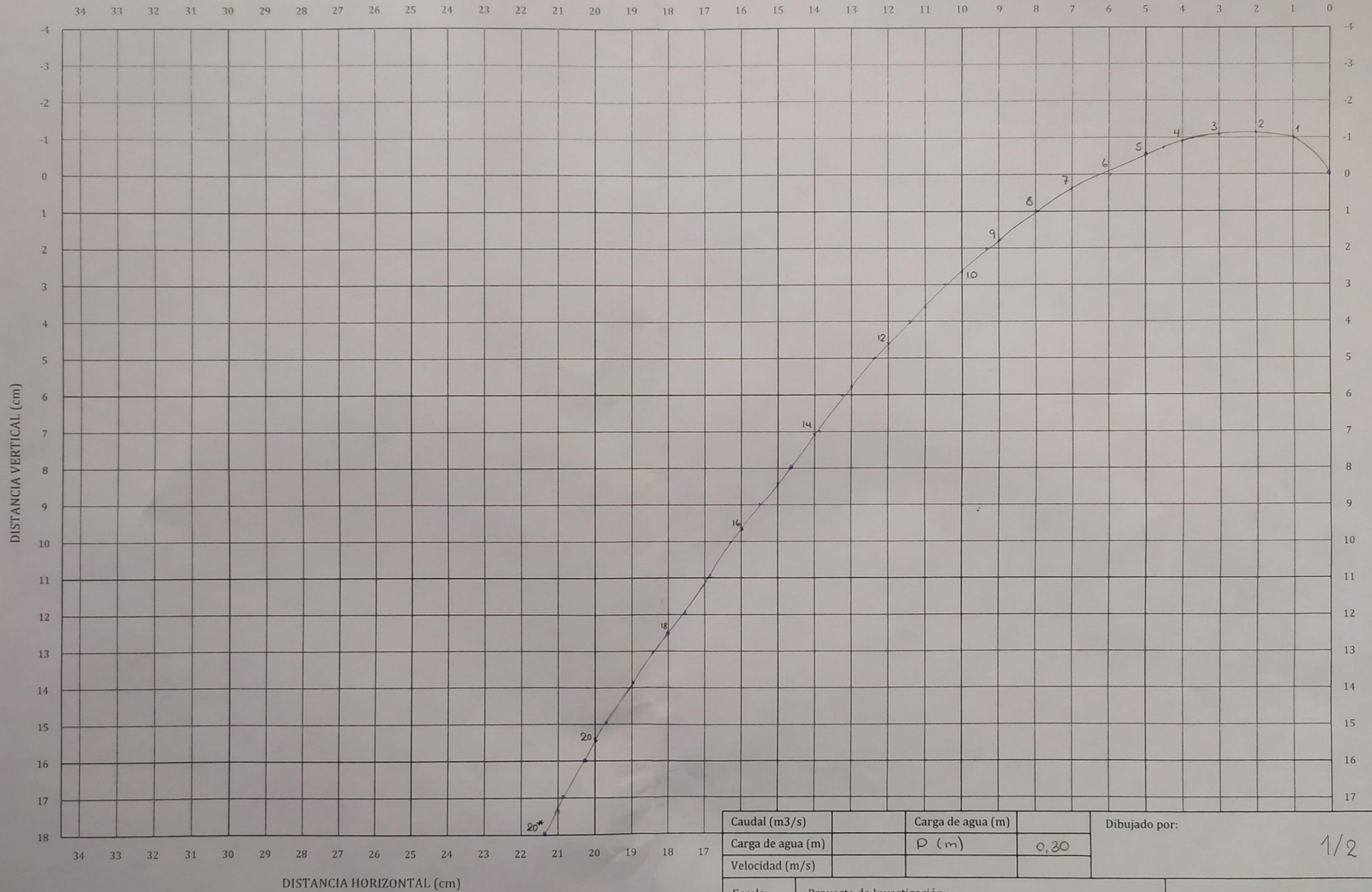
**COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.111	Carga de agua (m)		Dibujado por:
Carga de agua (m)	0.341	P = 10		
Velocidad (m/s)	0.71			
Escala:	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 10.00 - E3 (c)
				Fecha: 25/11/2007 23:04:53
				05/08/2019
				A3



COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL

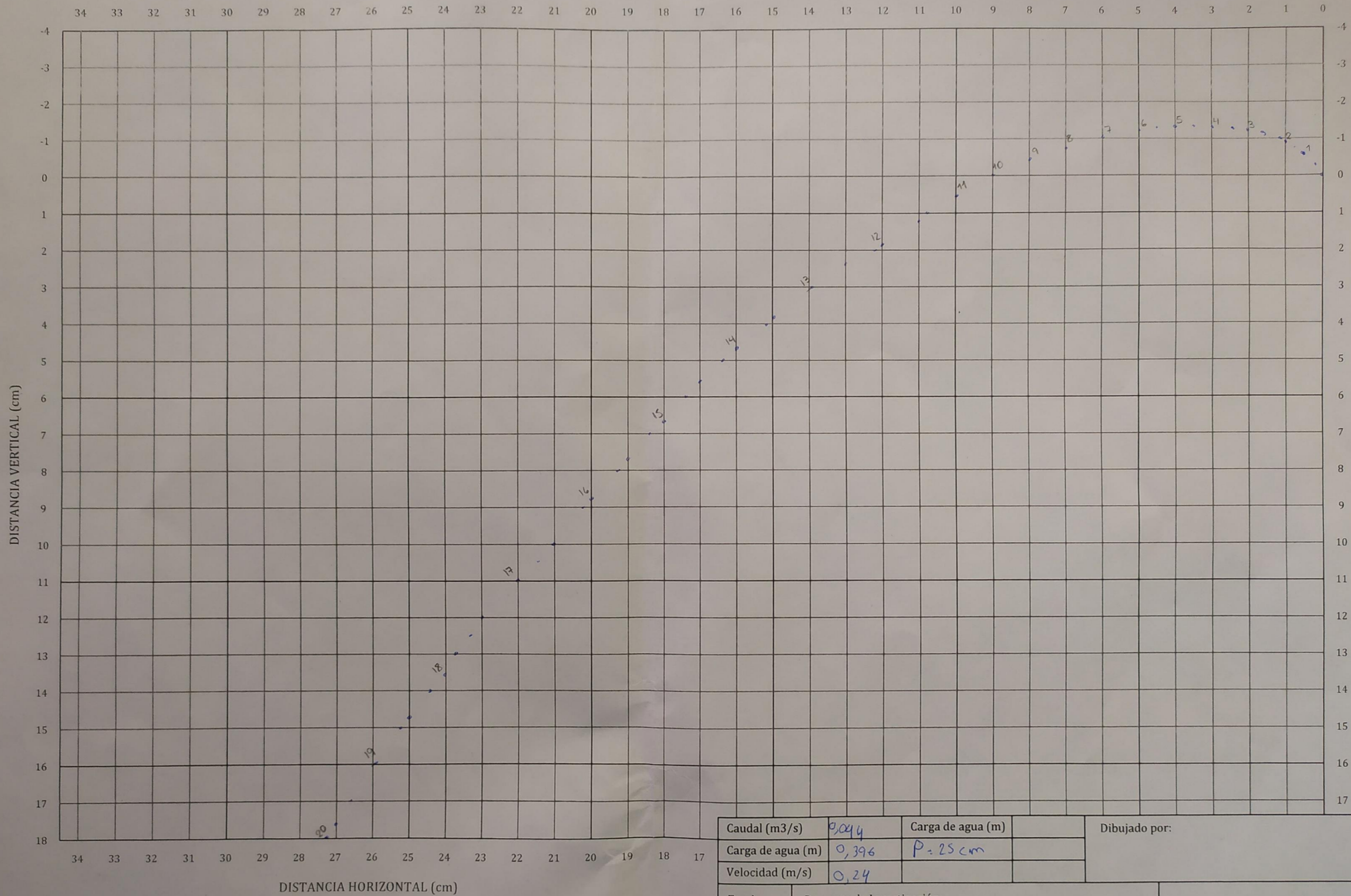
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Carga de agua (m)	Dibujado por:
Carga de agua (m)		
Velocidad (m/s)		
Escala:	Proyecto de Investigación:	
	"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"	2/2
		Fecha: 30/12/2005 9:25:03 (30-12-05)
		10.05.11 (p0001) <b>A3</b>



COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL

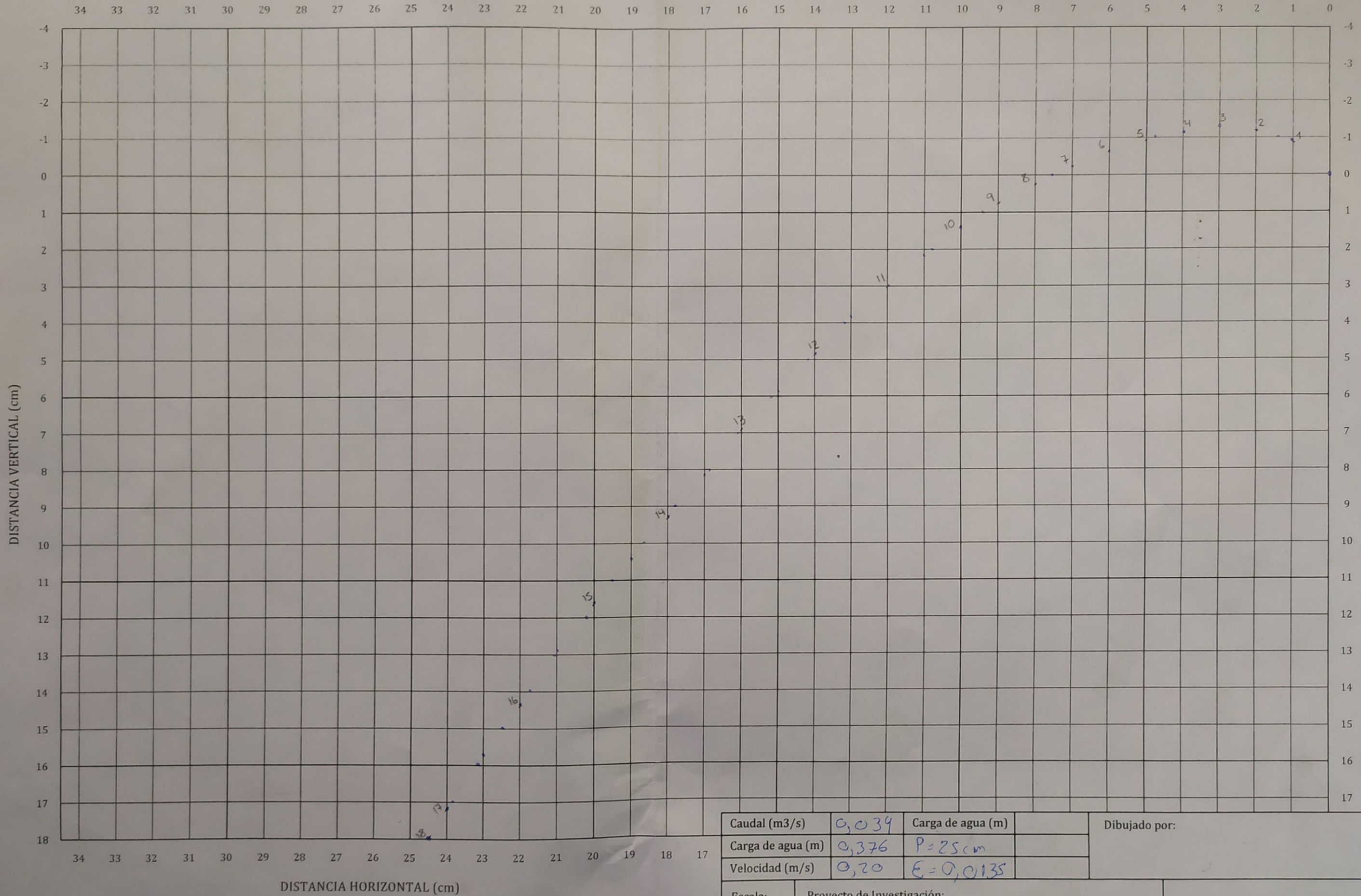
Caudal (m <sup>3</sup> /s)		Carga de agua (m)		Dibujado por:  1/2
Carga de agua (m)		P (m)	0,30	
Velocidad (m/s)				
Escala:	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			Fecha:
				A3

[ 10/08/33 ]



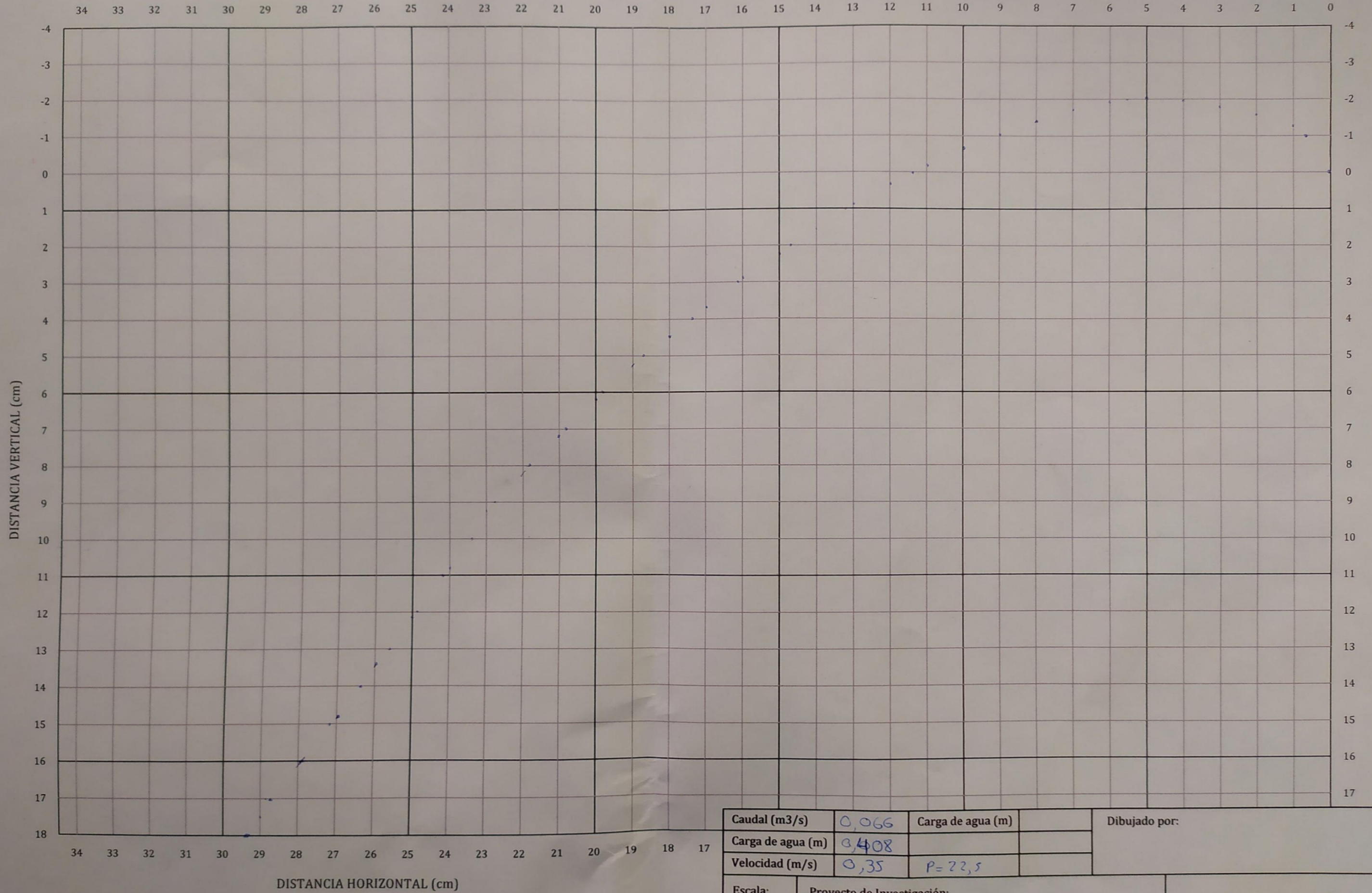
**COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,044	Carga de agua (m)		Dibujado por:
Carga de agua (m)	0,396	P = 25 cm		
Velocidad (m/s)	0,24			
Escala:	Proyecto de Investigación:			
	"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			
				Fecha: 2005/12/29 09:37:58
				09/08/2019 <b>A3</b>



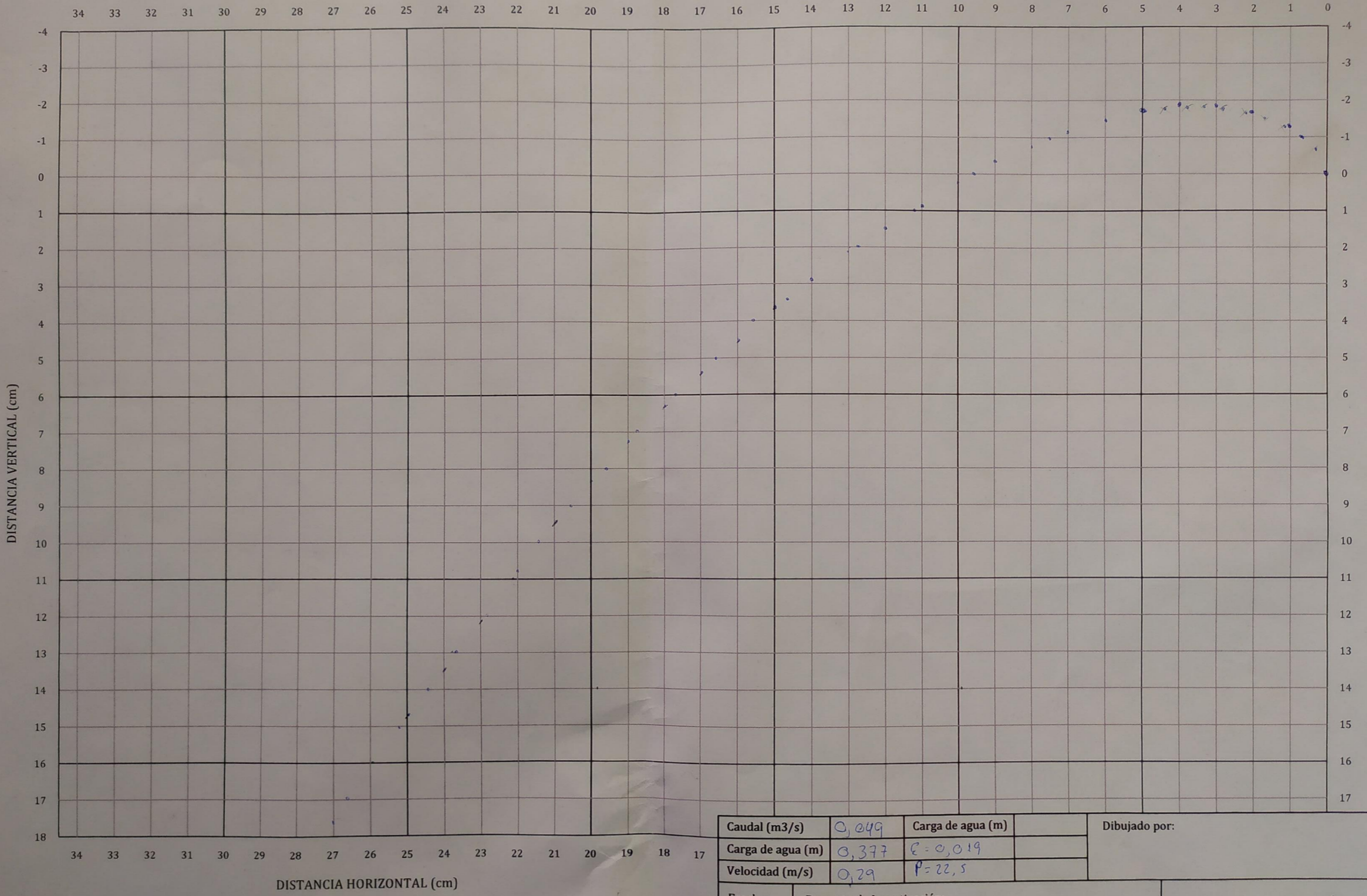
**COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,034	Carga de agua (m)		Dibujado por:
Carga de agua (m)	0,376	P = 25 cm		
Velocidad (m/s)	0,20	E = 0,0135		
Escala:	Proyecto de Investigación:			
	"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			
				Fecha: 09/08/2019 09:25:30
				A3



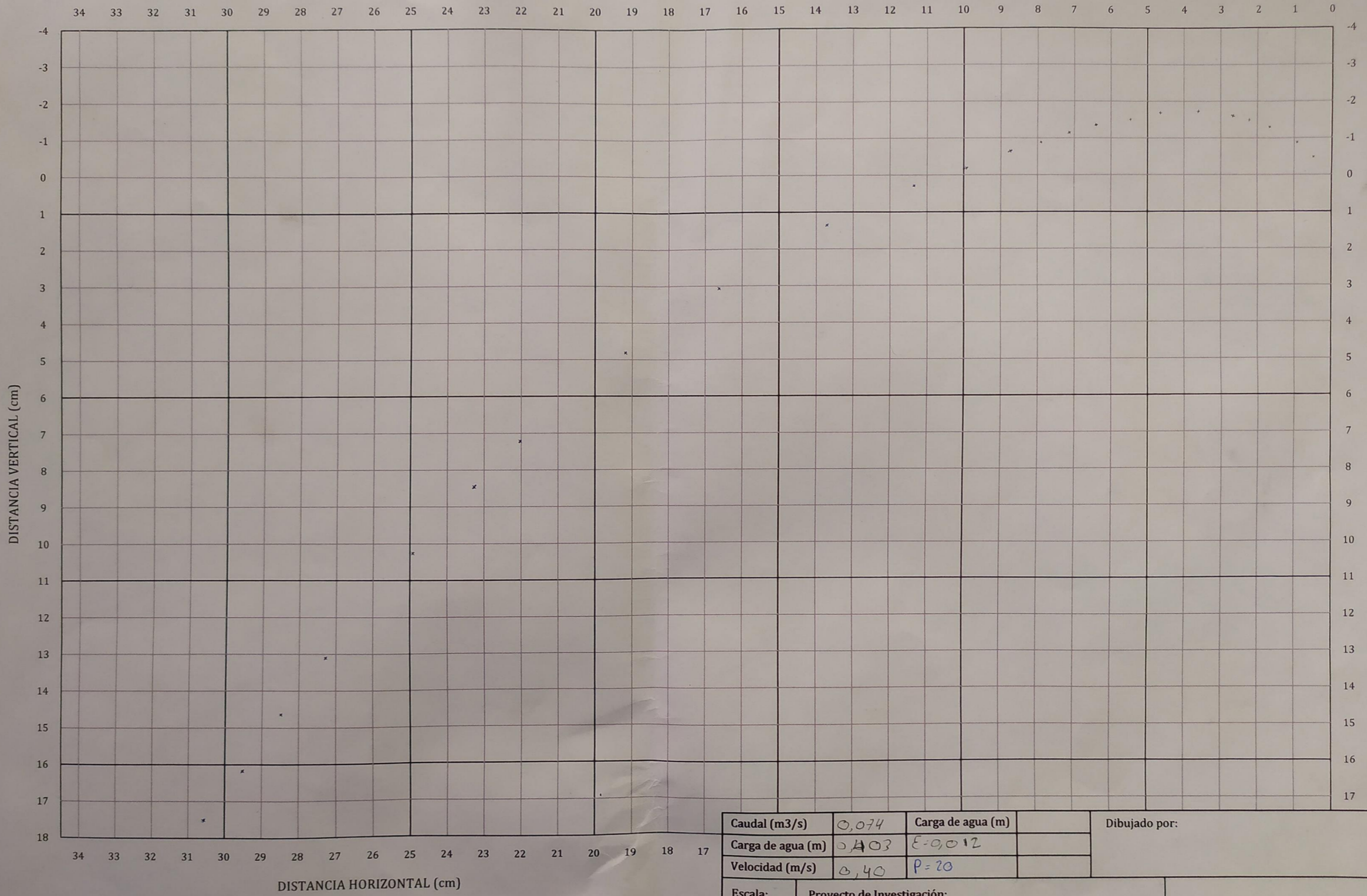
**COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,066	Carga de agua (m)		Dibujado por:
Carga de agua (m)	0,408			
Velocidad (m/s)	0,35	P = 22,5		
Escala:	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 22,50 - E 2/2
				Fecha: 2005/12/28 09:02:01 08/08/2019
				A3



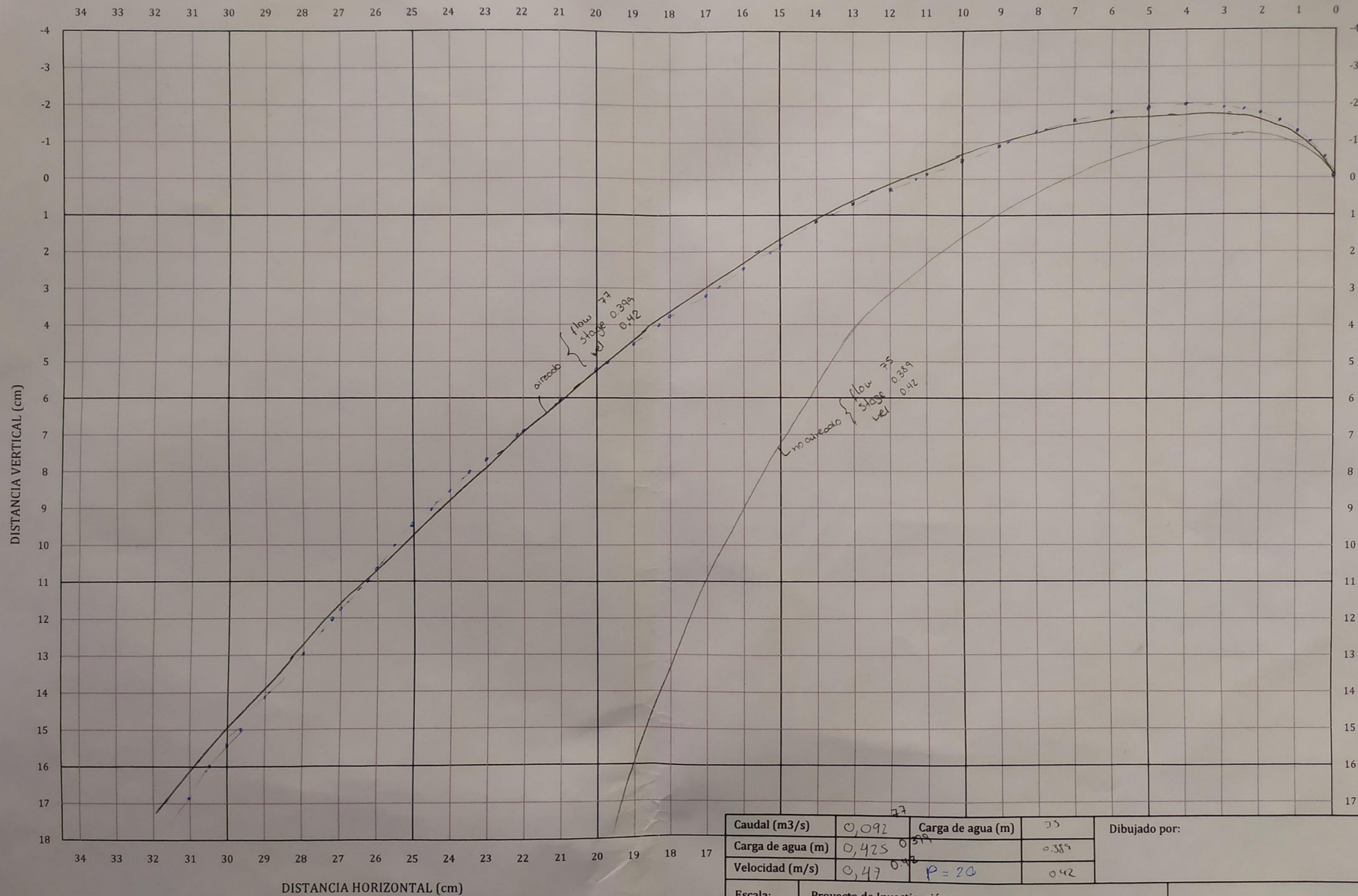
**COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,049	Carga de agua (m)		Dibujado por:
Carga de agua (m)	0,377	$\epsilon = 0,019$		
Velocidad (m/s)	0,29	$P = 22,5$		
Escala:	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 22.50 - E 1/2
				Fecha: 2005/12/08 08:53:51 08/08/2019
				<b>A3</b>



**COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,074	Carga de agua (m)		Dibujado por:
Carga de agua (m)	0,403	E=0,012		
Velocidad (m/s)	0,40	P=20		
Escala:	Proyecto de Investigación:			
	"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			
		Fecha: 2005/12/27	10:05:41	A3
		07/08/2019		



**COORDENADAS GENERALES DE UN VERTEDERO DE PERFIL CREAGER  
VISTA LONGITUDINAL**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,092	Carga de agua (m)	75	Dibujado por:
Carga de agua (m)	0,425		0,389	
Velocidad (m/s)	0,47	P = 20	0,42	

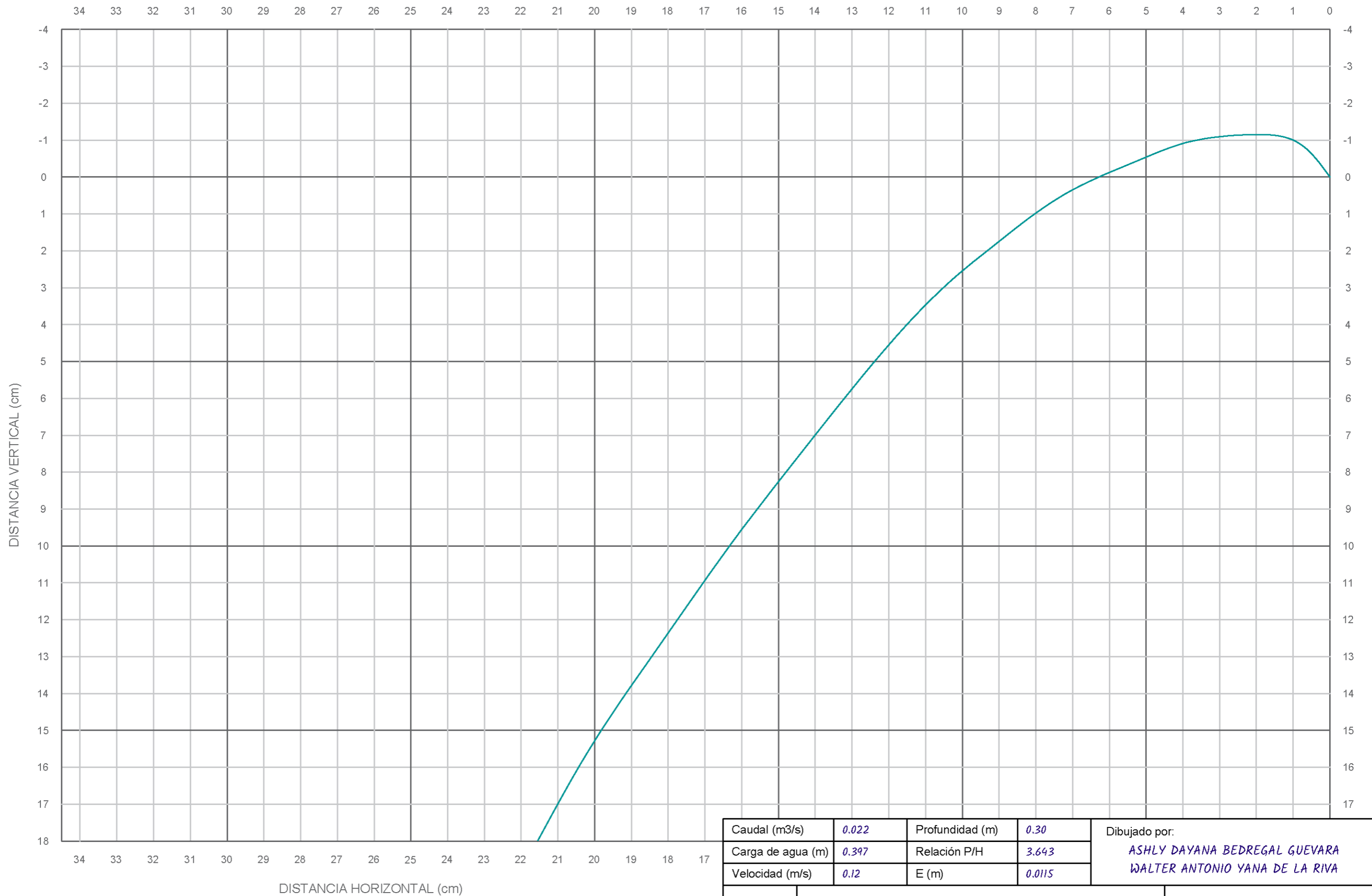
Escala: Proyecto de Investigación:  
"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"

Fecha: 2005/12/27 10:15:31  
 07/08/2019 A3

## APÉNDICE 2. SILUETAS COMPUTARIZADAS DE LOS PERFILES TRAZADOS EN LABORATORIO.

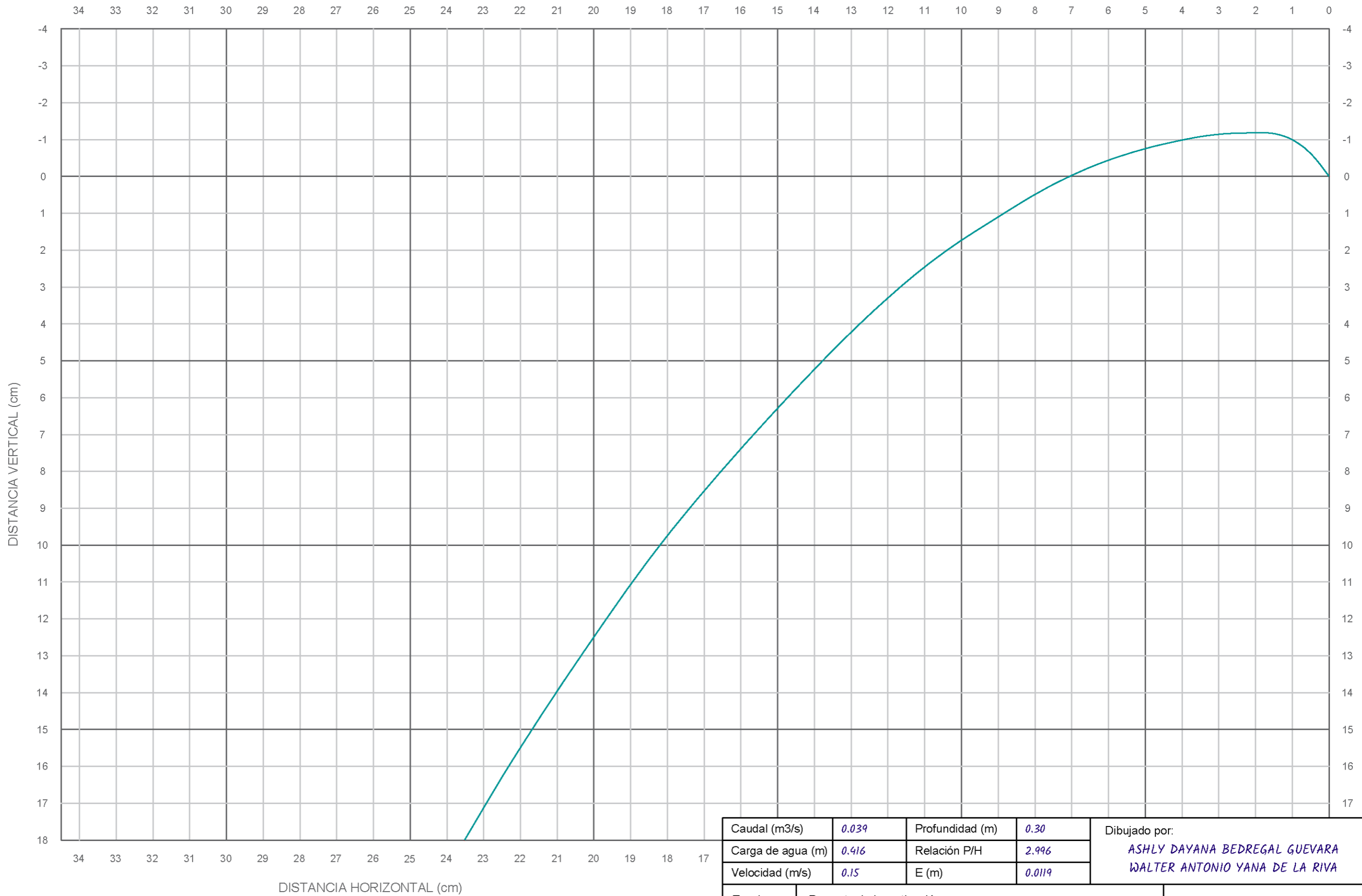
Se presentan los siguientes gráficos en tamaño A3.





PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL

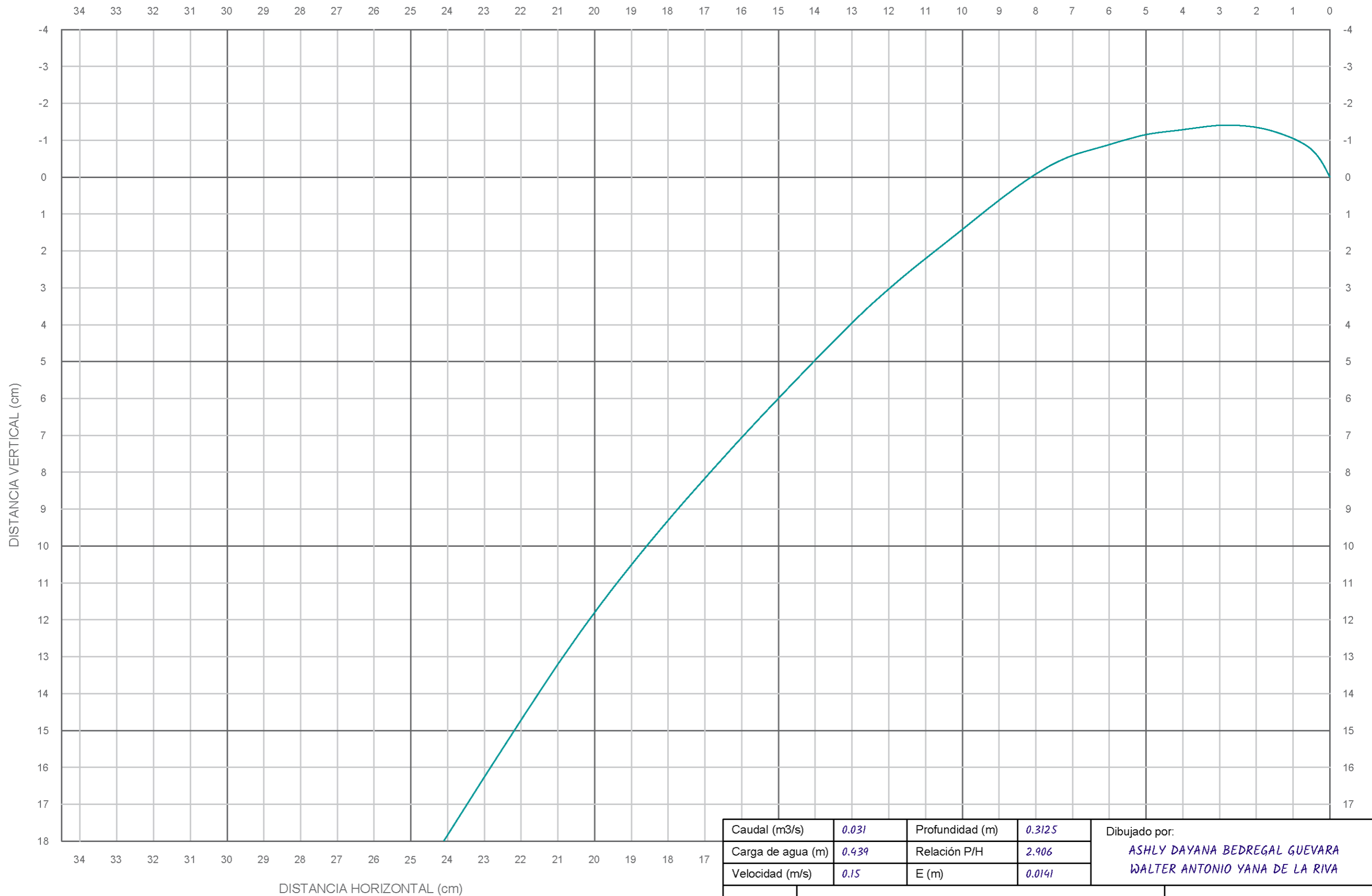
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.022	Profundidad (m)	0.30	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.397	Relación P/H	3.643	
Velocidad (m/s)	0.12	E (m)	0.0115	
Escala: <i>1:1</i>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 30.00 - E 1/2
				Fecha: 10/08/2019
				Hora: 10:13:45
				A3



PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL

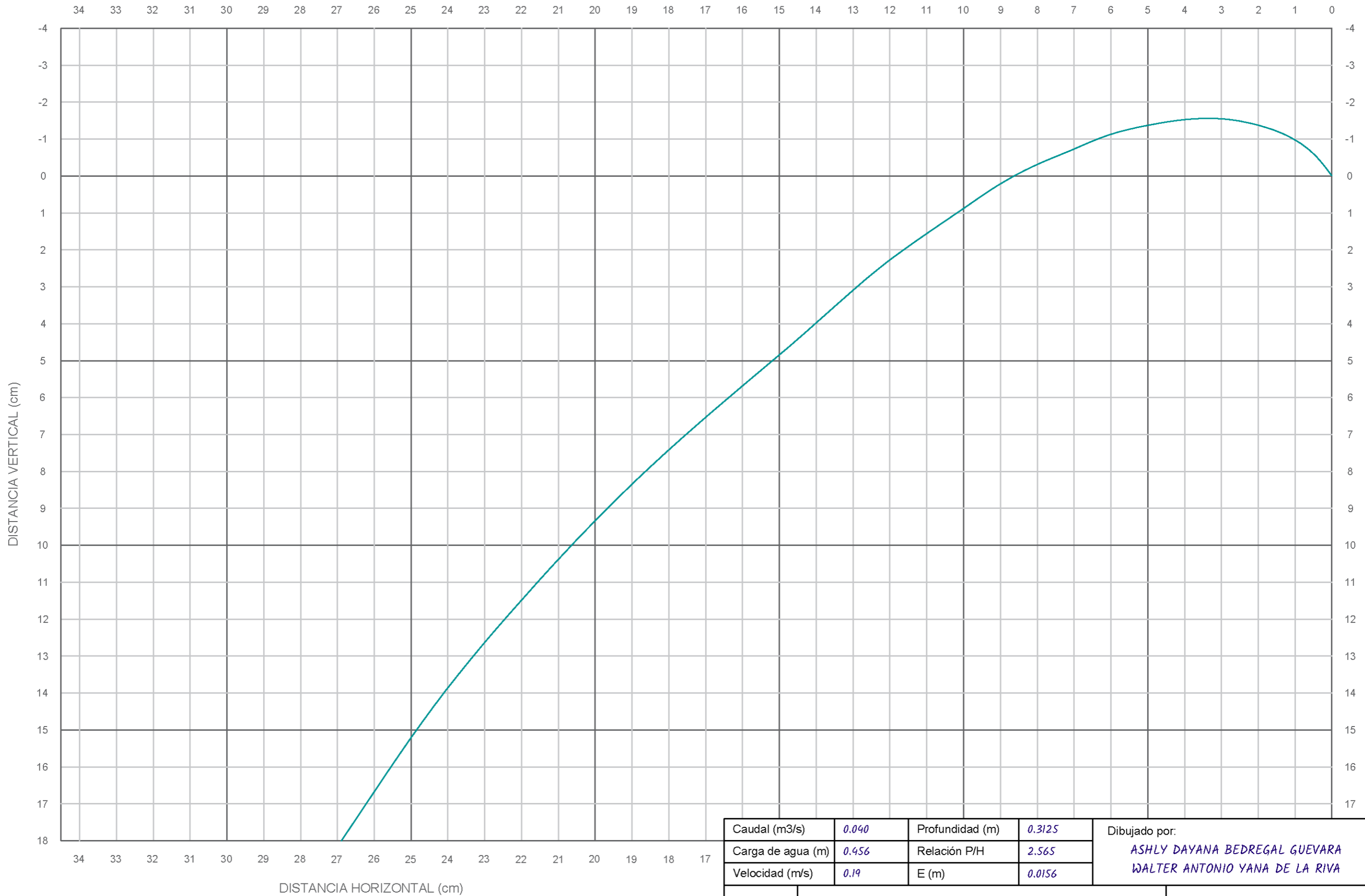
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.039	Profundidad (m)	0.30	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.416	Relación P/H	2.996	
Velocidad (m/s)	0.15	E (m)	0.0119	

Escala:  <i>1:1</i>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"	<i>P 30.00 - E 2/2</i> Fecha: 10/08/2019 Hora: 10:09:35	<b>A3</b>
---------------------------	---	---	-----------



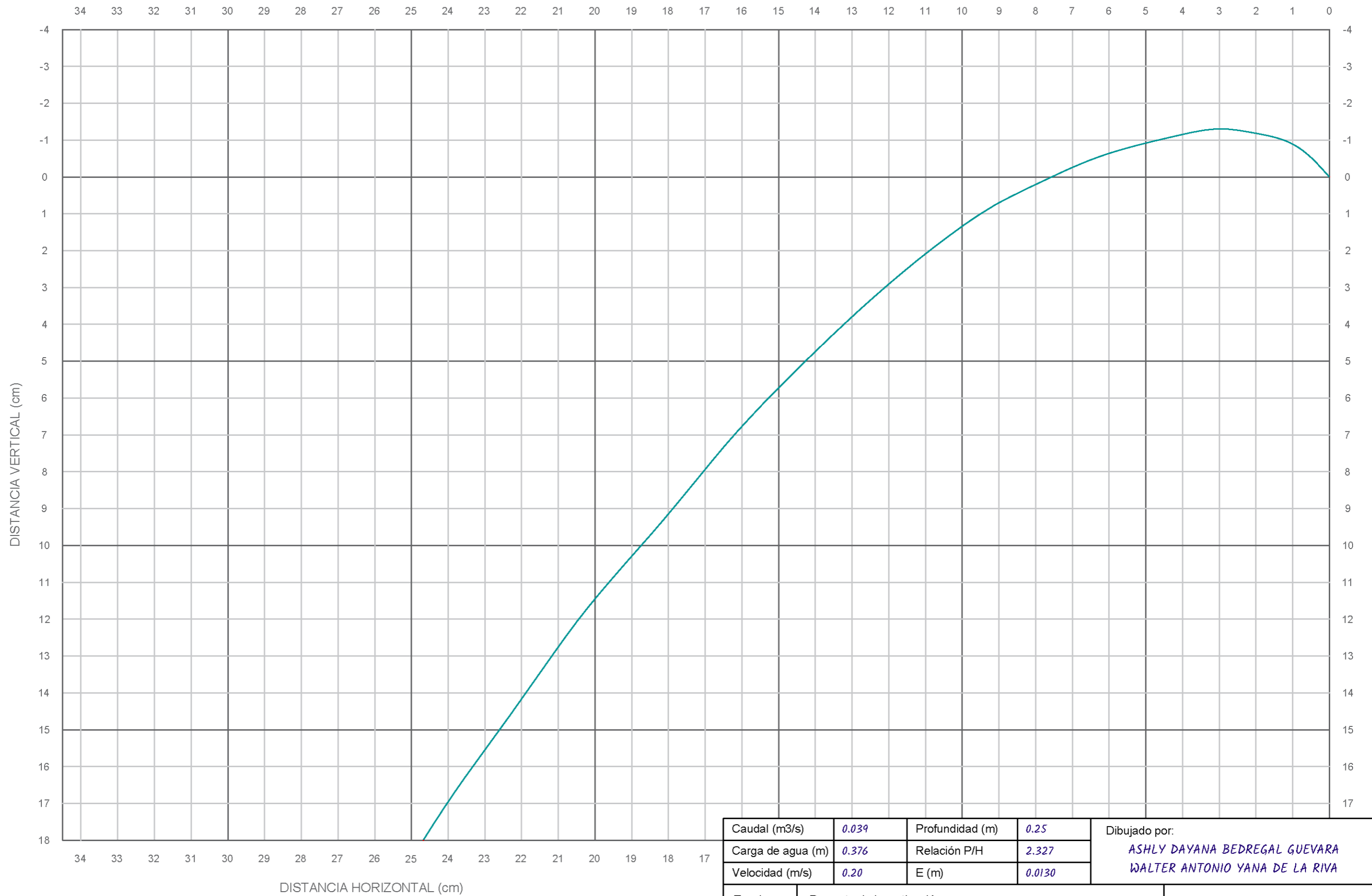
PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.031	Profundidad (m)	0.3125	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.439	Relación P/H	2.906	
Velocidad (m/s)	0.15	E (m)	0.0191	
Escala: <i>1:1</i>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 31.25 - E 1/2
				Fecha: 12/08/2019
				Hora: 13:11:52
				A3



PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL

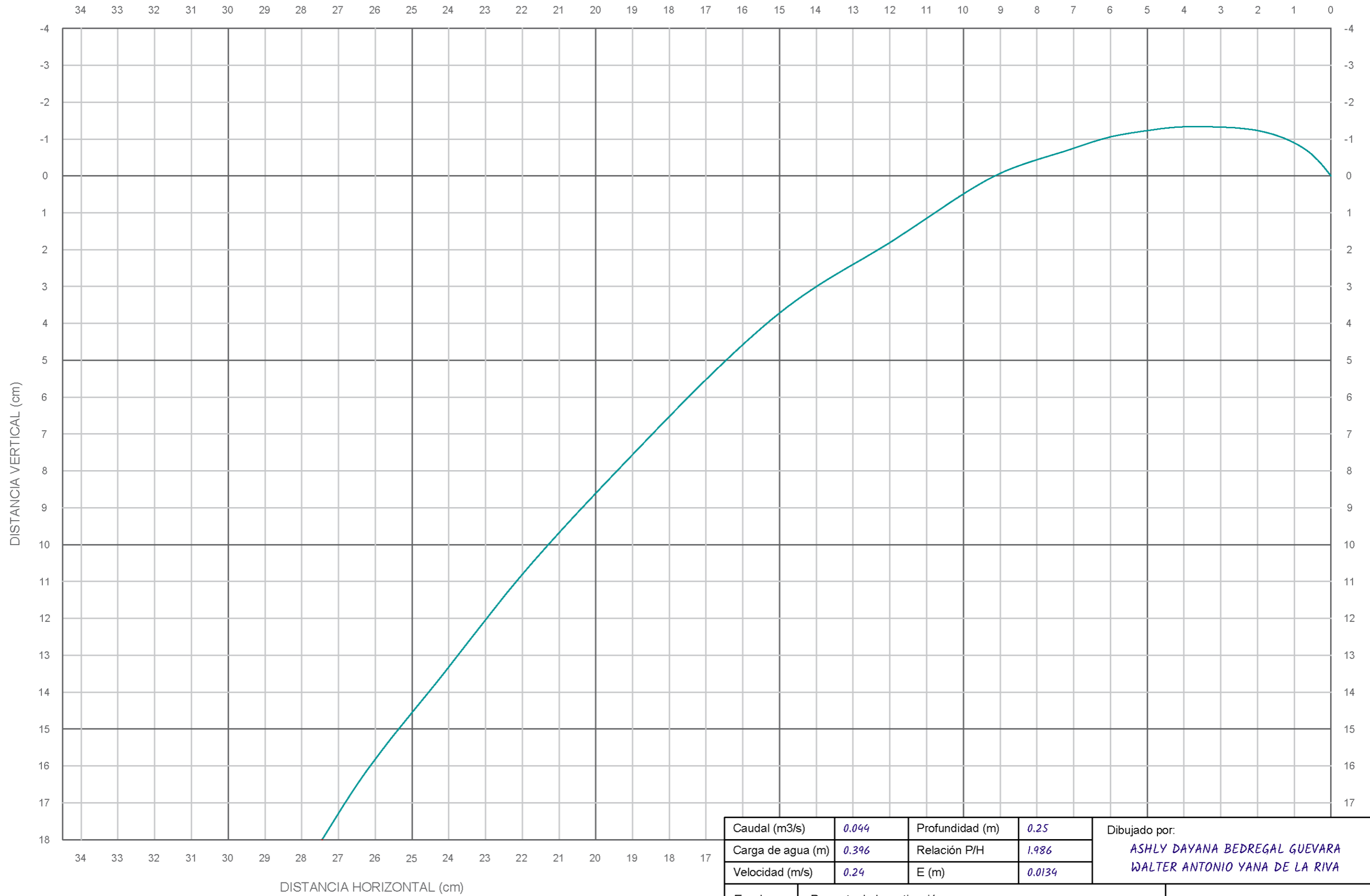
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.040	Profundidad (m)	0.3125	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.456	Relación P/H	2.565	
Velocidad (m/s)	0.19	E (m)	0.0156	
Escala: <i>1:1</i>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 31.25 - E 2/2
				Fecha: 12/08/2019
				Hora: 13:23:12
				A3



PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL

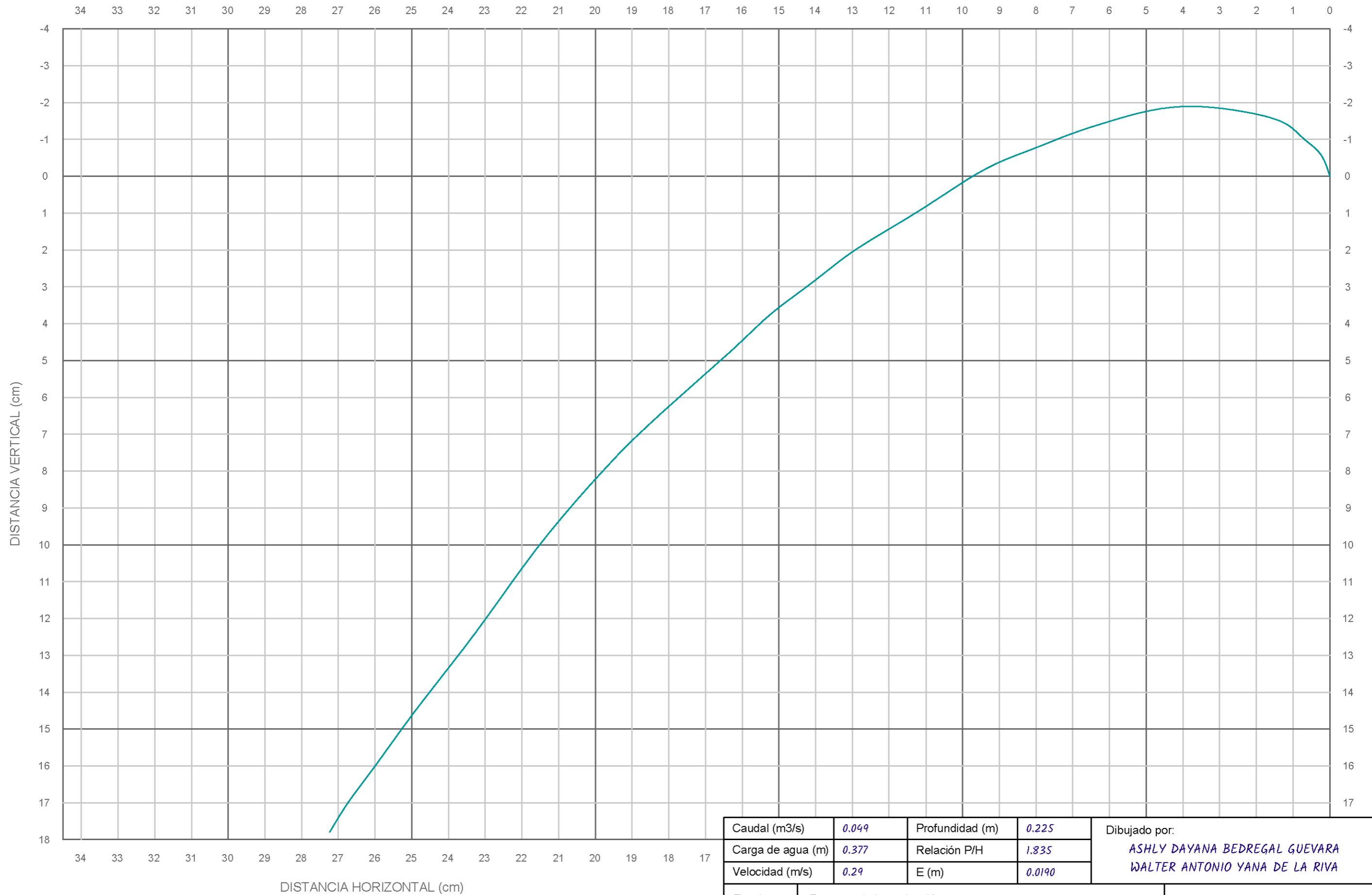
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.039	Profundidad (m)	0.25	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.376	Relación P/H	2.327	
Velocidad (m/s)	0.20	E (m)	0.0130	

Escala: 	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"	<b>P 25.00 - E 1/2</b> Fecha: 09/08/2019 Hora: 10:02:25	<b>A3</b>
-------------	---	---	-----------



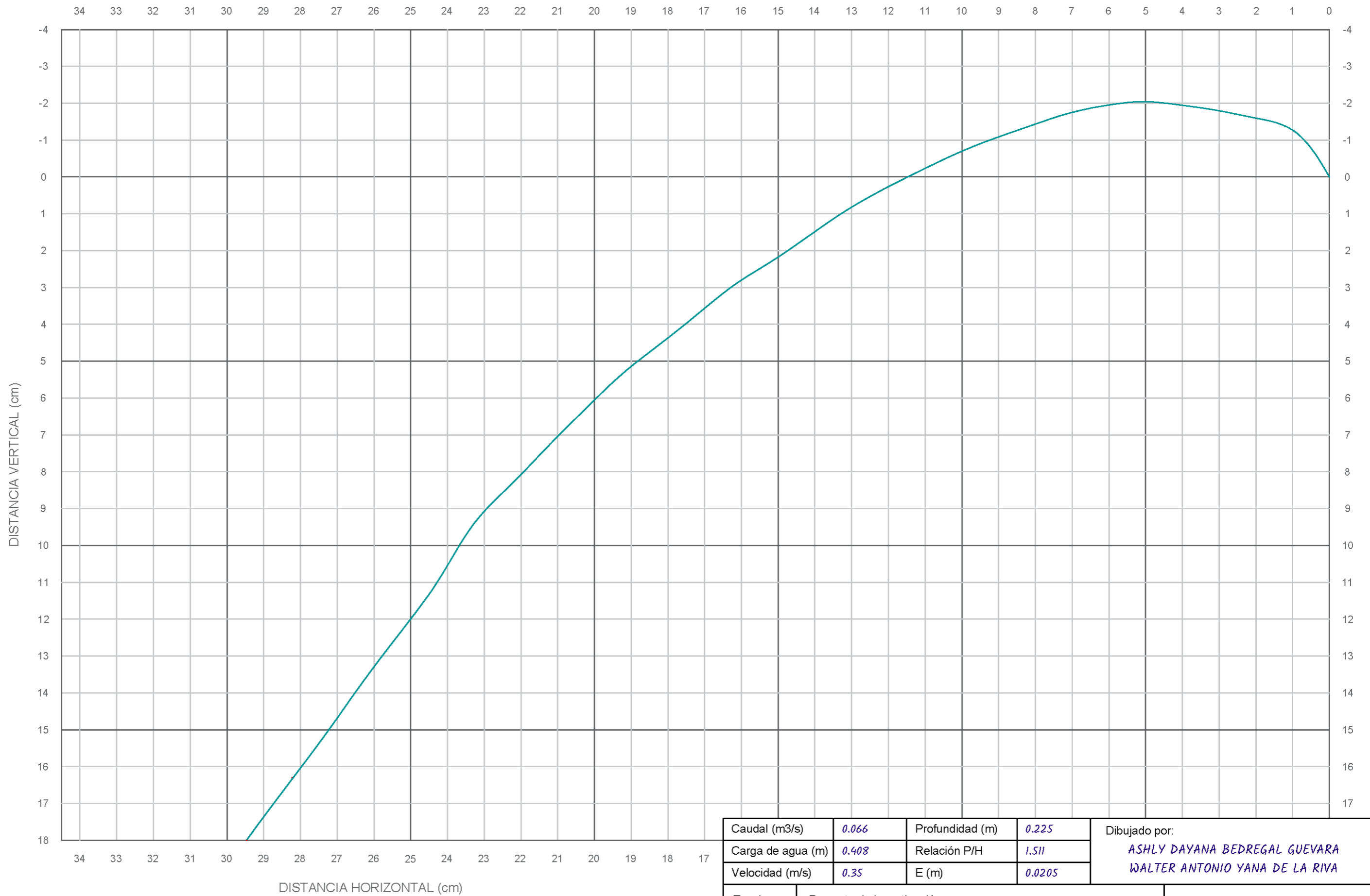
PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.044	Profundidad (m)	0.25	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.396	Relación P/H	1.986	
Velocidad (m/s)	0.24	E (m)	0.0134	
Escala: <i>1:1</i>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 25.00 - E 2/2
				Fecha: 09/08/2019
				Hora: 10:14:53
				A3



PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.049	Profundidad (m)	0.225	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.377	Relación P/H	1.835	
Velocidad (m/s)	0.29	E (m)	0.0190	
Escala: <i>1:1</i>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 22.50 - E 1/2
				Fecha: 08/08/2019
				Hora: 09:30:46
				A3



**PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.066	Profundidad (m)	0.225
Carga de agua (m)	0.408	Relación P/H	1.511
Velocidad (m/s)	0.35	E (m)	0.0205

Dibujado por:  
**ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA**  
**WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA**

Escala:

**1:1**

Proyecto de Investigación:

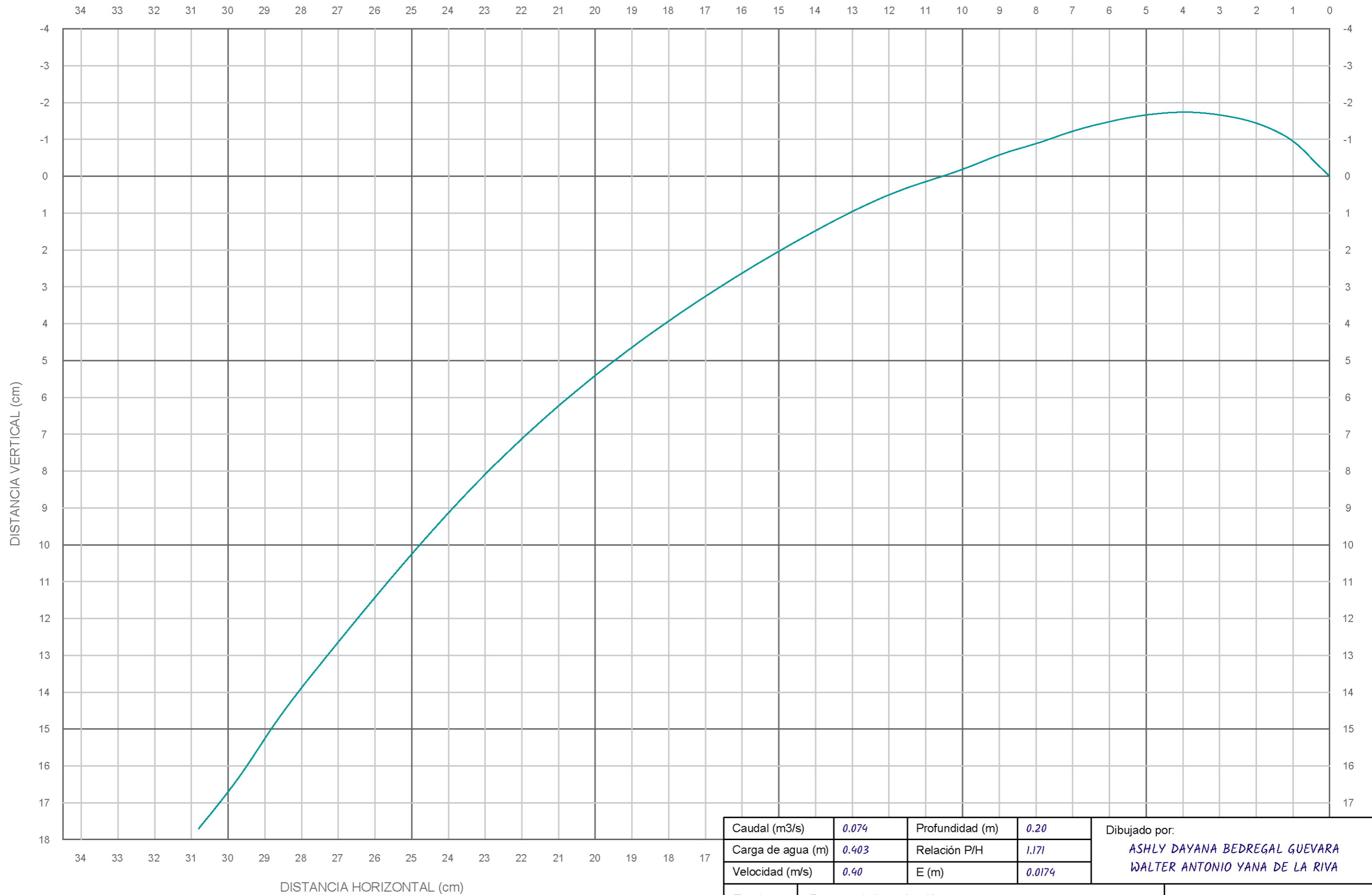
**"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN  
 VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN  
 DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"**

**P 22.50 - E 2/2**

Fecha: 08/08/2019

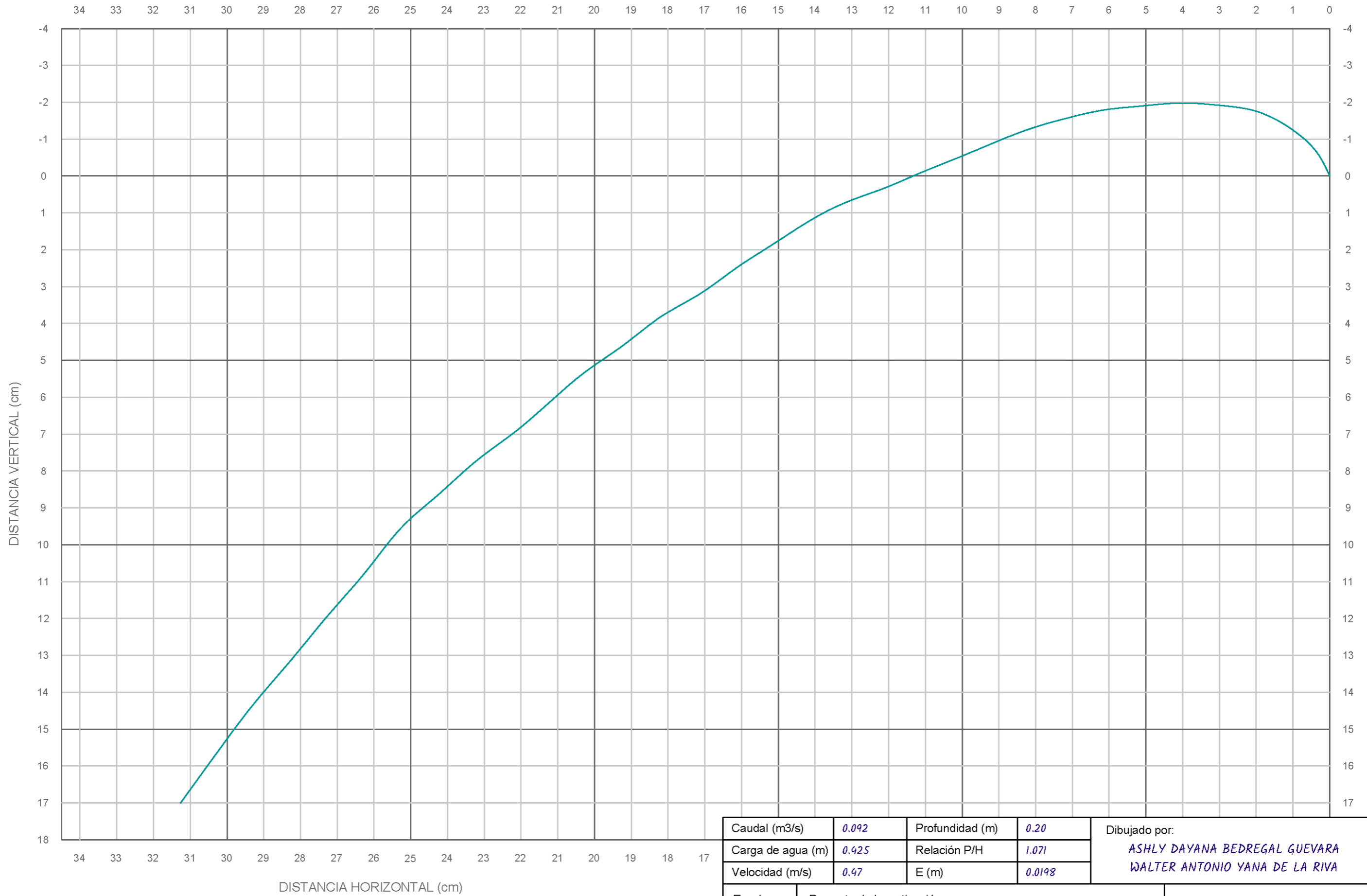
Hora: 09:38:56

**A3**



PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.074	Profundidad (m)	0.20	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.403	Relación P/H	1.171	
Velocidad (m/s)	0.40	E (m)	0.0174	
Escala: <i>1:1</i>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 20.00 - E 1/2
				Fecha: 07/08/2019
				Hora: 10:42:36
				A3



**PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL**

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.092	Profundidad (m)	0.20
Carga de agua (m)	0.425	Relación P/H	1.071
Velocidad (m/s)	0.47	E (m)	0.0198

Dibujado por:  
**ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA**  
**WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA**

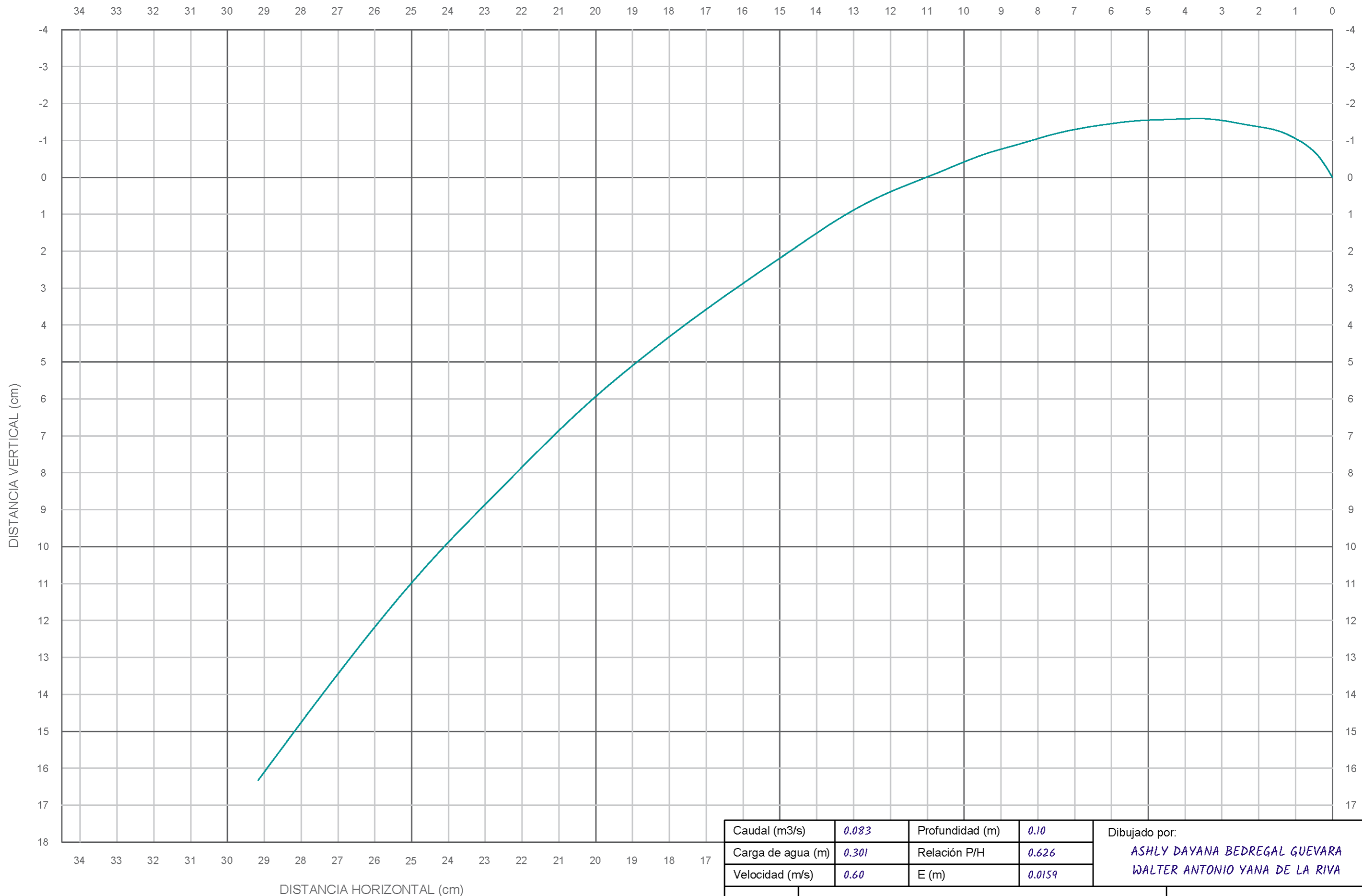
Escala: **1:1**

Proyecto de Investigación:  
**"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN  
 VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN  
 DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"**

**P 20.00 - E 2/2**

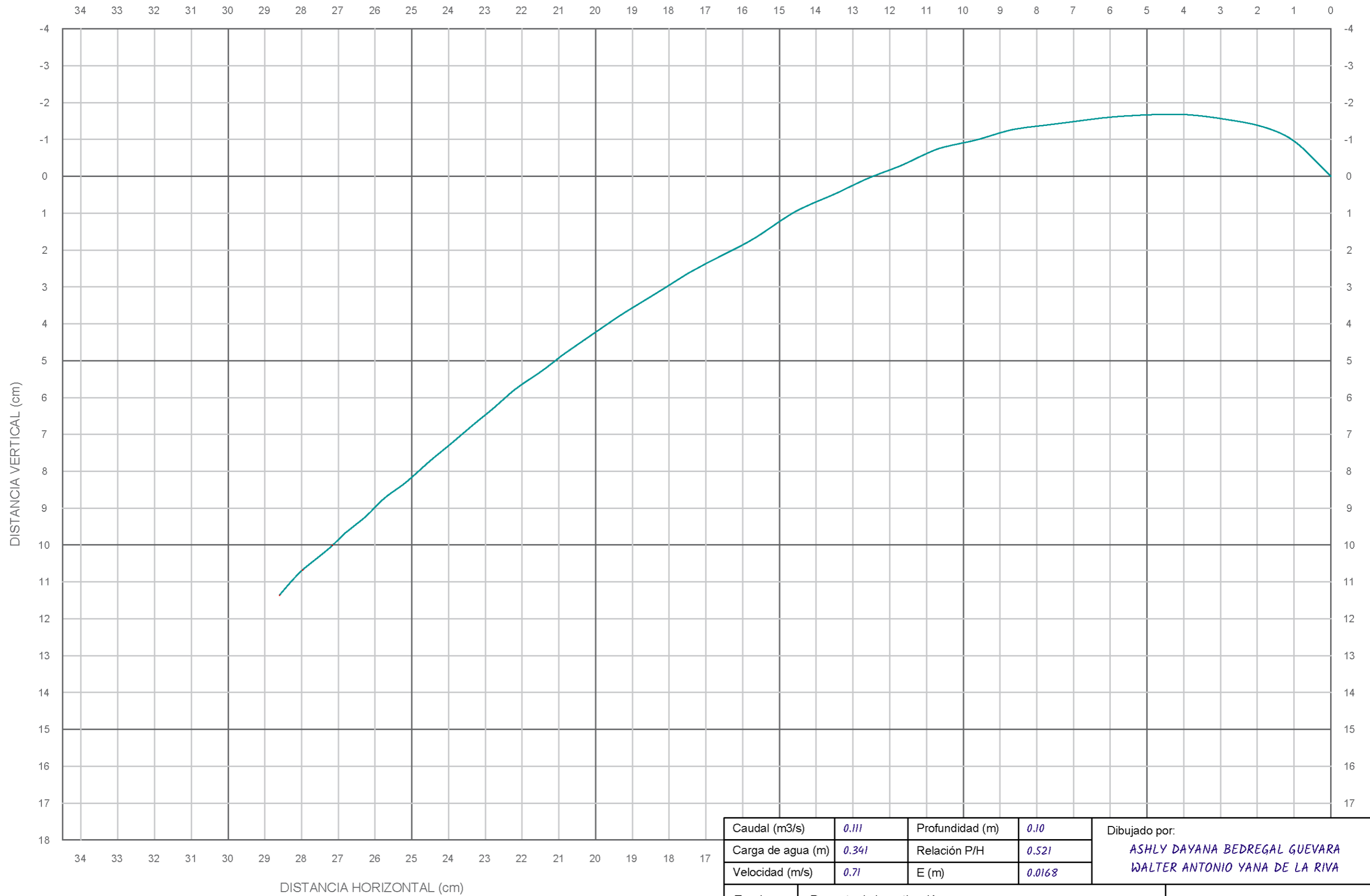
Fecha: 07/08/2019  
 Hora: 10:52:26

**A3**



PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.083	Profundidad (m)	0.10	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.301	Relación P/H	0.626	
Velocidad (m/s)	0.60	E (m)	0.0159	
Escala: <b>1:1</b>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 10.00 - E 1/2
			Fecha: 05/08/2019	A3
			Hora: 11:26:58	



PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA  
VISTA LONGITUDINAL

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.111	Profundidad (m)	0.10	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.341	Relación P/H	0.521	
Velocidad (m/s)	0.71	E (m)	0.0168	
Escala: <i>1:1</i>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"			P 10.00 - E 2/2
				Fecha: 05/08/2019
				Hora: 11:41:48
				A3



**ANEXO E. HOJA DE CÁLCULO DE LAS PRESIONES**

## APÉNDICE 1. DATOS OBTENIDOS DEL FLUJÓMETRO

Debido a la gran extensión de datos, se adjunta los 75 primeros valores de cada ensayo.

### APÉNDICE 1.1. Diseño 1 ( $P/H_d = 3.00$ )

No	Sample time	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Velocity (m/s)
1	12/12/2005 16:23:58		0.000		
2	12/12/2005 16:24:08		0.000		
3	12/12/2005 16:24:18		0.000		
4	12/12/2005 16:24:28		0.000		
5	12/12/2005 16:24:38		0.000		
6	12/12/2005 16:24:48		0.000		
7	12/12/2005 16:24:58		0.000		
8	12/12/2005 16:25:08	0.0884	2.766	0.1164	0.0520
9	12/12/2005 16:25:18	0.0753	8.610	0.1033	0.1823
10	12/12/2005 16:25:28	0.0820	-3.468	0.1100	-0.0690
11	12/12/2005 16:25:38	0.1292	0.711	0.1572	0.0099
12	12/12/2005 16:25:48	0.1435	4.232	0.1715	0.0540
13	12/12/2005 16:25:58	0.1749	-2.466	0.2029	-0.0266
14	12/12/2005 16:26:08	0.2101	1.817	0.2381	0.0167
15	12/12/2005 16:26:18	0.2322	2.009	0.2602	0.0169
16	12/12/2005 16:26:28	0.2550	0.672	0.2830	0.0052
17	12/12/2005 16:26:38	0.2832	-0.441	0.3112	-0.0031
18	12/12/2005 16:26:48	0.3090	4.821	0.3370	0.0313
19	12/12/2005 16:26:58	0.3258	9.620	0.3538	0.0595
20	12/12/2005 16:27:08	0.3358	9.243	0.3638	0.0556
21	12/12/2005 16:27:18	0.3411	15.231	0.3691	0.0903
22	12/12/2005 16:27:28	0.3442	14.340	0.3722	0.0843
23	12/12/2005 16:27:38	0.3462	15.099	0.3742	0.0883
24	12/12/2005 16:27:48	0.3470	16.125	0.3750	0.0941
25	12/12/2005 16:27:58	0.3476	16.650	0.3756	0.0970
26	12/12/2005 16:28:08	0.3479	15.943	0.3759	0.0928
27	12/12/2005 16:28:18	0.3439	14.701	0.3719	0.0865
28	12/12/2005 16:28:28	0.3425	13.629	0.3705	0.0805
29	12/12/2005 16:28:38	0.3418	14.620	0.3698	0.0865
30	12/12/2005 16:28:48	0.3414	15.043	0.3694	0.0891
31	12/12/2005 16:28:58	0.3411	13.765	0.3691	0.0816
32	12/12/2005 16:29:08	0.3409	13.506	0.3689	0.0801
33	12/12/2005 16:29:18	0.3411	14.777	0.3691	0.0876
34	12/12/2005 16:29:28	0.3409	13.856	0.3689	0.0822
35	12/12/2005 16:29:38	0.3412	12.942	0.3692	0.0767

36	12/12/2005 16:29:48	0.3394	12.644	0.3674	0.0753
37	12/12/2005 16:29:58	0.3381	13.034	0.3661	0.0779
38	12/12/2005 16:30:08	0.3378	13.040	0.3658	0.0780
39	12/12/2005 16:30:18	0.3375	9.804	0.3655	0.0587
40	12/12/2005 16:30:28	0.3372	12.099	0.3652	0.0725
41	12/12/2005 16:30:38	0.3359	11.375	0.3639	0.0684
42	12/12/2005 16:30:48	0.3333	11.939	0.3613	0.0723
43	12/12/2005 16:30:58	0.3319	10.461	0.3599	0.0636
44	12/12/2005 16:31:08	0.3308	10.871	0.3588	0.0663
45	12/12/2005 16:31:18	0.3303	9.580	0.3583	0.0585
46	12/12/2005 16:31:28	0.3300	9.261	0.3580	0.0566
47	12/12/2005 16:31:38	0.3300	9.801	0.3580	0.0599
48	12/12/2005 16:31:48	0.3299	10.892	0.3579	0.0666
49	12/12/2005 16:31:58	0.3299	8.588	0.3579	0.0525
50	12/12/2005 16:32:08	0.3299	10.697	0.3579	0.0654
51	12/12/2005 16:32:18	0.3299	9.308	0.3579	0.0569
52	12/12/2005 16:32:28	0.3299	10.026	0.3579	0.0613
53	12/12/2005 16:32:38	0.3300	10.388	0.3580	0.0635
54	12/12/2005 16:32:48	0.3301	8.870	0.3581	0.0542
55	12/12/2005 16:32:58	0.3299	10.387	0.3579	0.0635
56	12/12/2005 16:33:08	0.3299	7.932	0.3579	0.0485
57	12/12/2005 16:33:18	0.3299	10.730	0.3579	0.0656
58	12/12/2005 16:33:28	0.3300	11.452	0.3580	0.0700
59	12/12/2005 16:33:38	0.3300	10.110	0.3580	0.0618
60	12/12/2005 16:33:48	0.3299	9.894	0.3579	0.0605
61	12/12/2005 16:33:58	0.3299	10.385	0.3579	0.0635
62	12/12/2005 16:34:08	0.3299	10.386	0.3579	0.0635
63	12/12/2005 16:34:18	0.3299	9.127	0.3579	0.0558
64	12/12/2005 16:34:28	0.3299	9.389	0.3579	0.0574
65	12/12/2005 16:34:38	0.3299	10.567	0.3579	0.0646
66	12/12/2005 16:34:48	0.3299	8.914	0.3579	0.0545
67	12/12/2005 16:34:58	0.3299	9.406	0.3579	0.0575
68	12/12/2005 16:35:08	0.3300	10.356	0.3580	0.0633
69	12/12/2005 16:35:18	0.3301	9.851	0.3581	0.0602
70	12/12/2005 16:35:28	0.3300	10.634	0.3580	0.0650
71	12/12/2005 16:35:38	0.3298	8.323	0.3578	0.0509
72	12/12/2005 16:35:48	0.3283	9.997	0.3563	0.0614
73	12/12/2005 16:35:58	0.3389	14.033	0.3669	0.0837
74	12/12/2005 16:36:08	0.3415	13.374	0.3695	0.0792
75	12/12/2005 16:36:18	0.3431	14.196	0.3711	0.0837

**APÉNDICE 1.2. Diseño 2 ( $P/H_d = 2.50$ )**

No	Sample time	Depth (m)	Flow (m <sup>3</sup> /s)	Stage (m)	Velocity (m/s)
1	14/12/2005 10:24:03		0.0000		
2	14/12/2005 10:24:13	0.0722	0.0094	0.1002	0.2045
3	14/12/2005 10:24:23	0.0964	0.0055	0.1244	0.0968
4	14/12/2005 10:24:33	0.1208	0.0044	0.1488	0.0642
5	14/12/2005 10:24:43	0.1582	-0.0089	0.1862	-0.1043
6	14/12/2005 10:24:53	0.2049	0.0025	0.2329	0.0236
7	14/12/2005 10:25:03	0.2326	0.0062	0.2606	0.0519
8	14/12/2005 10:25:13	0.2652	0.0012	0.2932	0.0088
9	14/12/2005 10:25:23	0.2955	-0.0007	0.3235	-0.0048
10	14/12/2005 10:25:33	0.3326	0.0063	0.3606	0.0384
11	14/12/2005 10:25:43	0.3530	0.0133	0.3810	0.0764
12	14/12/2005 10:25:53	0.3631	0.0179	0.3911	0.0999
13	14/12/2005 10:26:03	0.3687	0.0184	0.3967	0.1013
14	14/12/2005 10:26:13	0.3717	0.0200	0.3997	0.1094
15	14/12/2005 10:26:23	0.3730	0.0208	0.4010	0.1137
16	14/12/2005 10:26:33	0.3697	0.0179	0.3977	0.0984
17	14/12/2005 10:26:43	0.3658	0.0174	0.3938	0.0968
18	14/12/2005 10:26:53	0.3638	0.0175	0.3918	0.0975
19	14/12/2005 10:27:03	0.3630	0.0163	0.3910	0.0912
20	14/12/2005 10:27:13	0.3622	0.0168	0.3902	0.0941
21	14/12/2005 10:27:23	0.3619	0.0177	0.3899	0.0996
22	14/12/2005 10:27:33	0.3618	0.0163	0.3898	0.0914
23	14/12/2005 10:27:43	0.3657	0.0170	0.3937	0.0945
24	14/12/2005 10:27:53	0.3592	0.0159	0.3872	0.0897
25	14/12/2005 10:28:03	0.3562	0.0150	0.3842	0.0852
26	14/12/2005 10:28:13	0.3551	0.0134	0.3831	0.0768
27	14/12/2005 10:28:23	0.3542	0.0133	0.3822	0.0761
28	14/12/2005 10:28:33	0.3538	0.0137	0.3818	0.0786
29	14/12/2005 10:28:43	0.3537	0.0133	0.3817	0.0761
30	14/12/2005 10:28:53	0.3497	0.0120	0.3777	0.0695
31	14/12/2005 10:29:03	0.3471	0.0116	0.3751	0.0675
32	14/12/2005 10:29:13	0.3456	0.0103	0.3736	0.0604
33	14/12/2005 10:29:23	0.3448	0.0100	0.3728	0.0585
34	14/12/2005 10:29:33	0.3443	0.0106	0.3723	0.0623
35	14/12/2005 10:29:43	0.3441	0.0099	0.3721	0.0584
36	14/12/2005 10:29:53	0.3449	0.0107	0.3729	0.0630
37	14/12/2005 10:30:03	0.3456	0.0112	0.3736	0.0654
38	14/12/2005 10:30:13	0.3459	0.0101	0.3739	0.0594
39	14/12/2005 10:30:23	0.3460	0.0101	0.3740	0.0589

40	14/12/2005 10:30:33	0.3462	0.0108	0.3742	0.0630
41	14/12/2005 10:30:43	0.3462	0.0107	0.3742	0.0623
42	14/12/2005 10:30:53	0.3464	0.0102	0.3744	0.0598
43	14/12/2005 10:31:03	0.3463	0.0115	0.3743	0.0672
44	14/12/2005 10:31:13	0.3463	0.0108	0.3743	0.0629
45	14/12/2005 10:31:23	0.3464	0.0119	0.3744	0.0698
46	14/12/2005 10:31:33	0.3465	0.0113	0.3745	0.0659
47	14/12/2005 10:31:43	0.3465	0.0111	0.3745	0.0647
48	14/12/2005 10:31:53	0.3464	0.0106	0.3744	0.0621
49	14/12/2005 10:32:03	0.3464	0.0118	0.3744	0.0687
50	14/12/2005 10:32:13	0.3465	0.0101	0.3745	0.0593
51	14/12/2005 10:32:23	0.3463	0.0113	0.3743	0.0661
52	14/12/2005 10:32:33	0.3464	0.0108	0.3744	0.0634
53	14/12/2005 10:32:43	0.3465	0.0101	0.3745	0.0591
54	14/12/2005 10:32:53	0.3464	0.0114	0.3744	0.0668
55	14/12/2005 10:33:03	0.3465	0.0109	0.3745	0.0637
56	14/12/2005 10:33:13	0.3466	0.0109	0.3746	0.0635
57	14/12/2005 10:33:23	0.3464	0.0112	0.3744	0.0657
58	14/12/2005 10:33:33	0.3465	0.0097	0.3745	0.0569
59	14/12/2005 10:33:43	0.3465	0.0111	0.3745	0.0649
60	14/12/2005 10:33:53	0.3466	0.0109	0.3746	0.0634
61	14/12/2005 10:34:03	0.3465	0.0111	0.3745	0.0647
62	14/12/2005 10:34:13	0.3464	0.0102	0.3744	0.0597
63	14/12/2005 10:34:23	0.3464	0.0101	0.3744	0.0589
64	14/12/2005 10:34:33	0.3466	0.0105	0.3746	0.0615
65	14/12/2005 10:34:43	0.3465	0.0100	0.3745	0.0583
66	14/12/2005 10:34:53	0.3465	0.0099	0.3745	0.0577
67	14/12/2005 10:35:03	0.3464	0.0106	0.3744	0.0622
68	14/12/2005 10:35:13	0.3479	0.0114	0.3759	0.0666
69	14/12/2005 10:35:23	0.3533	0.0140	0.3813	0.0806
70	14/12/2005 10:35:33	0.3563	0.0142	0.3843	0.0809
71	14/12/2005 10:35:43	0.3578	0.0115	0.3858	0.0652
72	14/12/2005 10:35:53	0.3586	0.0151	0.3866	0.0853
73	14/12/2005 10:36:03	0.3589	0.0165	0.3869	0.0935
74	14/12/2005 10:36:13	0.3694	0.0212	0.3974	0.1170
75	14/12/2005 10:36:23	0.3861	0.0270	0.4141	0.1425

**APÉNDICE 1.3.** Diseño 3 ( $P/H_d = 2.00$ )

No	Sample time	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Velocity (m/s)
1	11/12/2005 09:48:23	0.1308	1.415	0.1588	0.0195
2	11/12/2005 09:48:33	0.1672	1.302	0.1952	0.0146
3	11/12/2005 09:48:43	0.1842	4.092	0.2122	0.0422
4	11/12/2005 09:48:53	0.2119	0.735	0.2399	0.0067
5	11/12/2005 09:49:03	0.2392	0.672	0.2672	0.0055
6	11/12/2005 09:49:13	0.2644	6.787	0.2924	0.0508
7	11/12/2005 09:49:23	0.2774	9.519	0.3054	0.0682
8	11/12/2005 09:49:33	0.2861	12.129	0.3141	0.0845
9	11/12/2005 09:49:43	0.2916	14.665	0.3196	0.1004
10	11/12/2005 09:49:53	0.2947	15.350	0.3227	0.1041
11	11/12/2005 09:50:03	0.2963	15.445	0.3243	0.1042
12	11/12/2005 09:50:13	0.2971	14.188	0.3251	0.0955
13	11/12/2005 09:50:23	0.2978	16.361	0.3258	0.1099
14	11/12/2005 09:50:33	0.2979	16.157	0.3259	0.1085
15	11/12/2005 09:50:43	0.2979	17.364	0.3259	0.1166
16	11/12/2005 09:50:53	0.2873	14.048	0.3153	0.0975
17	11/12/2005 09:51:03	0.2916	15.747	0.3196	0.1078
18	11/12/2005 09:51:13	0.2978	16.172	0.3258	0.1086
19	11/12/2005 09:51:23	0.2978	16.704	0.3258	0.1122
20	11/12/2005 09:51:33	0.2981	13.665	0.3261	0.0917
21	11/12/2005 09:51:43	0.2908	16.476	0.3188	0.1131
22	11/12/2005 09:51:53	0.2935	15.396	0.3215	0.1048
23	11/12/2005 09:52:03	0.2911	15.224	0.3191	0.1044
24	11/12/2005 09:52:13	0.2979	16.426	0.3259	0.1103
25	11/12/2005 09:52:23	0.2866	15.570	0.3146	0.1083
26	11/12/2005 09:52:33	0.3096	20.443	0.3376	0.1325
27	11/12/2005 09:52:43	0.3178	24.811	0.3458	0.1570
28	11/12/2005 09:52:53	0.3214	26.683	0.3494	0.1671
29	11/12/2005 09:53:03	0.3229	26.493	0.3509	0.1652
30	11/12/2005 09:53:13	0.3237	27.982	0.3517	0.1741
31	11/12/2005 09:53:23	0.3241	25.925	0.3521	0.1611
32	11/12/2005 09:53:33	0.3237	25.361	0.3517	0.1578
33	11/12/2005 09:53:43	0.3243	27.982	0.3523	0.1738
34	11/12/2005 09:53:53	0.3240	25.655	0.3520	0.1595
35	11/12/2005 09:54:03	0.3241	25.935	0.3521	0.1612
36	11/12/2005 09:54:13	0.3241	26.002	0.3521	0.1616
37	11/12/2005 09:54:23	0.3240	29.370	0.3520	0.1826
38	11/12/2005 09:54:33	0.3238	26.704	0.3518	0.1661
39	11/12/2005 09:54:43	0.3234	25.682	0.3514	0.1599

40	11/12/2005 09:54:53	0.3240	26.976	0.3520	0.1677
41	11/12/2005 09:55:03	0.3236	28.924	0.3516	0.1800
42	11/12/2005 09:55:13	0.3237	25.715	0.3517	0.1600
43	11/12/2005 09:55:23	0.3234	27.025	0.3514	0.1683
44	11/12/2005 09:55:33	0.3234	26.949	0.3514	0.1678
45	11/12/2005 09:55:43	0.3236	27.206	0.3516	0.1693
46	11/12/2005 09:55:53	0.3240	26.610	0.3520	0.1654
47	11/12/2005 09:56:03	0.3377	35.879	0.3657	0.2147
48	11/12/2005 09:56:13	0.3446	38.518	0.3726	0.2262
49	11/12/2005 09:56:23	0.3474	40.363	0.3754	0.2353
50	11/12/2005 09:56:33	0.3483	39.483	0.3763	0.2296
51	11/12/2005 09:56:43	0.3485	38.853	0.3765	0.2258
52	11/12/2005 09:56:53	0.3485	41.995	0.3765	0.2441
53	11/12/2005 09:57:03	0.3488	41.736	0.3768	0.2424
54	11/12/2005 09:57:13	0.3490	39.969	0.3770	0.2320
55	11/12/2005 09:57:23	0.3488	42.159	0.3768	0.2448
56	11/12/2005 09:57:33	0.3489	39.344	0.3769	0.2284
57	11/12/2005 09:57:43	0.3489	39.635	0.3769	0.2301
58	11/12/2005 09:57:53	0.3491	41.758	0.3771	0.2423
59	11/12/2005 09:58:03	0.3556	43.689	0.3836	0.2492
60	11/12/2005 09:58:13	0.3666	49.651	0.3946	0.2753
61	11/12/2005 09:58:23	0.3705	55.157	0.3985	0.3029
62	11/12/2005 09:58:33	0.3713	53.564	0.3993	0.2935
63	11/12/2005 09:58:43	0.3718	54.395	0.3998	0.2977
64	11/12/2005 09:58:53	0.3719	53.992	0.3999	0.2954
65	11/12/2005 09:59:03	0.3715	54.741	0.3995	0.2998
66	11/12/2005 09:59:13	0.3717	54.467	0.3997	0.2982
67	11/12/2005 09:59:23	0.3716	53.427	0.3996	0.2926
68	11/12/2005 09:59:33	0.3719	54.357	0.3999	0.2974
69	11/12/2005 09:59:43	0.3719	54.218	0.3999	0.2967
70	11/12/2005 09:59:53	0.3710	53.846	0.3990	0.2953
71	11/12/2005 10:00:03	0.3841	63.619	0.4121	0.3378
72	11/12/2005 10:00:13	0.3906	65.555	0.4186	0.3427
73	11/12/2005 10:00:23	0.3928	69.367	0.4208	0.3607
74	11/12/2005 10:00:33	0.3928	72.409	0.4208	0.3765
75	11/12/2005 10:00:43	0.3933	70.107	0.4213	0.3641

**APÉNDICE 1.4.** Diseño 4 ( $P/H_d = 1.50$ )

No	Sample time	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Velocity (m/s)
1	15/12/2005 16:01:12		0.000		
2	15/12/2005 16:01:22		0.000		
3	15/12/2005 16:01:32		0.000		
4	15/12/2005 16:01:42		0.000		
5	15/12/2005 16:01:52		0.000		
6	15/12/2005 16:02:02		0.000		
7	15/12/2005 16:02:12		0.000		
8	15/12/2005 16:02:22		0.000		
9	15/12/2005 16:02:32		0.000		
10	15/12/2005 16:02:42		0.000		
11	15/12/2005 16:02:52	0.0729	14.828	0.1009	0.3216
12	15/12/2005 16:03:02	0.0804	3.791	0.1084	0.0765
13	15/12/2005 16:03:12	0.0969	8.638	0.1249	0.1513
14	15/12/2005 16:03:22	0.1323	1.246	0.1603	0.0170
15	15/12/2005 16:03:32	0.1632	-0.201	0.1912	-0.0023
16	15/12/2005 16:03:42	0.1810	-2.894	0.2090	-0.0303
17	15/12/2005 16:03:52	0.2127	-0.132	0.2407	-0.0012
18	15/12/2005 16:04:02	0.2397	5.835	0.2677	0.0477
19	15/12/2005 16:04:12	0.2542	8.511	0.2822	0.0660
20	15/12/2005 16:04:22	0.2632	12.617	0.2912	0.0948
21	15/12/2005 16:04:32	0.2693	15.012	0.2973	0.1105
22	15/12/2005 16:04:42	0.2728	14.612	0.3008	0.1063
23	15/12/2005 16:04:52	0.2743	17.642	0.3023	0.1277
24	15/12/2005 16:05:02	0.2755	19.543	0.3035	0.1409
25	15/12/2005 16:05:12	0.2665	14.803	0.2945	0.1100
26	15/12/2005 16:05:22	0.2759	16.626	0.3039	0.1197
27	15/12/2005 16:05:32	0.2787	13.930	0.3067	0.0994
28	15/12/2005 16:05:42	0.2792	16.985	0.3072	0.1210
29	15/12/2005 16:05:52	0.2802	16.703	0.3082	0.1186
30	15/12/2005 16:06:02	0.2787	16.806	0.3067	0.1199
31	15/12/2005 16:06:12	0.2781	17.610	0.3061	0.1259
32	15/12/2005 16:06:22	0.2779	17.123	0.3059	0.1225
33	15/12/2005 16:06:32	0.2777	20.589	0.3057	0.1474
34	15/12/2005 16:06:42	0.2705	16.261	0.2985	0.1192
35	15/12/2005 16:06:52	0.2766	15.701	0.3046	0.1128
36	15/12/2005 16:07:02	0.2768	15.767	0.3048	0.1132
37	15/12/2005 16:07:12	0.2767	15.528	0.3047	0.1115
38	15/12/2005 16:07:22	0.2759	16.807	0.3039	0.1210
39	15/12/2005 16:07:32	0.2759	16.027	0.3039	0.1154

40	15/12/2005 16:07:42	0.2761	13.480	0.3041	0.0970
41	15/12/2005 16:07:52	0.2758	15.826	0.3038	0.1140
42	15/12/2005 16:08:02	0.2759	15.650	0.3039	0.1127
43	15/12/2005 16:08:12	0.2761	14.788	0.3041	0.1064
44	15/12/2005 16:08:22	0.2757	15.947	0.3037	0.1149
45	15/12/2005 16:08:32	0.2760	14.728	0.3040	0.1060
46	15/12/2005 16:08:42	0.2757	15.100	0.3037	0.1088
47	15/12/2005 16:08:52	0.2755	15.425	0.3035	0.1112
48	15/12/2005 16:09:02	0.2722	14.117	0.3002	0.1029
49	15/12/2005 16:09:12	0.2685	13.403	0.2965	0.0989
50	15/12/2005 16:09:22	0.2662	12.169	0.2942	0.0905
51	15/12/2005 16:09:32	0.2655	12.259	0.2935	0.0914
52	15/12/2005 16:09:42	0.2653	11.447	0.2933	0.0854
53	15/12/2005 16:09:52	0.2656	13.080	0.2936	0.0975
54	15/12/2005 16:10:02	0.2659	13.793	0.2939	0.1027
55	15/12/2005 16:10:12	0.2670	12.282	0.2950	0.0911
56	15/12/2005 16:10:22	0.2671	13.350	0.2951	0.0990
57	15/12/2005 16:10:32	0.2674	13.420	0.2954	0.0994
58	15/12/2005 16:10:42	0.2677	11.797	0.2957	0.0873
59	15/12/2005 16:10:52	0.2684	13.722	0.2964	0.1013
60	15/12/2005 16:11:02	0.2636	13.380	0.2916	0.1004
61	15/12/2005 16:11:12	0.2688	13.402	0.2968	0.0988
62	15/12/2005 16:11:22	0.2689	13.308	0.2969	0.0981
63	15/12/2005 16:11:32	0.2689	13.893	0.2969	0.1024
64	15/12/2005 16:11:42	0.2690	14.076	0.2970	0.1037
65	15/12/2005 16:11:52	0.2689	13.313	0.2969	0.0981
66	15/12/2005 16:12:02	0.2688	13.430	0.2968	0.0990
67	15/12/2005 16:12:12	0.2692	13.159	0.2972	0.0969
68	15/12/2005 16:12:22	0.2695	13.622	0.2975	0.1002
69	15/12/2005 16:12:32	0.2696	13.371	0.2976	0.0983
70	15/12/2005 16:12:42	0.2699	12.921	0.2979	0.0949
71	15/12/2005 16:12:52	0.2699	13.600	0.2979	0.0999
72	15/12/2005 16:13:02	0.2709	15.324	0.2989	0.1122
73	15/12/2005 16:13:12	0.2709	13.812	0.2989	0.1011
74	15/12/2005 16:13:22	0.2711	15.502	0.2991	0.1134
75	15/12/2005 16:13:32	0.2712	14.533	0.2992	0.1063

**APÉNDICE 1.5. Diseño 5 ( $P/H_d = 1.00$ )**

No	Sample time	Depth (m)	Flow (m <sup>3</sup> /s)	Stage (m)	Velocity (m/s)
1	29/01/2006 09:53:20	0.1103	0.0081	0.1383	0.1274
2	29/01/2006 09:53:30	0.1116	0.0069	0.1396	0.1084
3	29/01/2006 09:53:40	0.1106	-0.0018	0.1386	-0.0279
4	29/01/2006 09:53:50	0.1107	-0.0116	0.1387	-0.1823
5	29/01/2006 09:54:00	0.1109	-0.0001	0.1389	-0.0018
6	29/01/2006 09:54:10	0.1103	0.0129	0.1383	0.2039
7	29/01/2006 09:54:20	0.1111	0.0133	0.1391	0.2095
8	29/01/2006 09:54:30	0.1101	0.0001	0.1381	0.0010
9	29/01/2006 09:54:40	0.1109	0.0349	0.1389	0.5496
10	29/01/2006 09:54:50	0.1323	0.0097	0.1603	0.1321
11	29/01/2006 09:55:00	0.1605	-0.0305	0.1885	-0.3540
12	29/01/2006 09:55:10	0.1974	-0.0095	0.2254	-0.0921
13	29/01/2006 09:55:20	0.2174	0.0012	0.2454	0.0111
14	29/01/2006 09:55:30	0.2330	-0.0511	0.2610	-0.4284
15	29/01/2006 09:55:40	0.2442	-0.0022	0.2722	-0.0174
16	29/01/2006 09:55:50	0.2498	0.0146	0.2778	0.1148
17	29/01/2006 09:56:00	0.2490	0.0163	0.2770	0.1284
18	29/01/2006 09:56:10	0.2551	0.0186	0.2831	0.1439
19	29/01/2006 09:56:20	0.2618	0.0199	0.2898	0.1499
20	29/01/2006 09:56:30	0.2648	0.0212	0.2928	0.1584
21	29/01/2006 09:56:40	0.2658	0.0226	0.2938	0.1683
22	29/01/2006 09:56:50	0.2667	0.0238	0.2947	0.1768
23	29/01/2006 09:57:00	0.2665	0.0229	0.2945	0.1700
24	29/01/2006 09:57:10	0.2667	0.0235	0.2947	0.1743
25	29/01/2006 09:57:20	0.2679	0.0240	0.2959	0.1774
26	29/01/2006 09:57:30	0.2710	0.0252	0.2990	0.1844
27	29/01/2006 09:57:40	0.2719	0.0254	0.2999	0.1850
28	29/01/2006 09:57:50	0.2728	0.0241	0.3008	0.1752
29	29/01/2006 09:58:00	0.2724	0.0258	0.3004	0.1880
30	29/01/2006 09:58:10	0.2728	0.0264	0.3008	0.1920
31	29/01/2006 09:58:20	0.2728	0.0252	0.3008	0.1833
32	29/01/2006 09:58:30	0.2734	0.0253	0.3014	0.1839
33	29/01/2006 09:58:40	0.2728	0.0240	0.3008	0.1743
34	29/01/2006 09:58:50	0.2731	0.0268	0.3011	0.1949
35	29/01/2006 09:59:00	0.2729	0.0260	0.3009	0.1890
36	29/01/2006 09:59:10	0.2729	0.0254	0.3009	0.1850
37	29/01/2006 09:59:20	0.2733	0.0250	0.3013	0.1813
38	29/01/2006 09:59:30	0.2734	0.0253	0.3014	0.1840
39	29/01/2006 09:59:40	0.2731	0.0257	0.3011	0.1864

40	29/01/2006 09:59:50	0.2732	0.0254	0.3012	0.1846
41	29/01/2006 10:00:00	0.2733	0.0262	0.3013	0.1906
42	29/01/2006 10:00:10	0.2731	0.0260	0.3011	0.1888
43	29/01/2006 10:00:20	0.2735	0.0244	0.3015	0.1769
44	29/01/2006 10:00:30	0.2733	0.0257	0.3013	0.1865
45	29/01/2006 10:00:40	0.2736	0.0263	0.3016	0.1907
46	29/01/2006 10:00:50	0.2744	0.0258	0.3024	0.1868
47	29/01/2006 10:01:00	0.2890	0.0333	0.3170	0.2297
48	29/01/2006 10:01:10	0.2924	0.0336	0.3204	0.2293
49	29/01/2006 10:01:20	0.2941	0.0345	0.3221	0.2346
50	29/01/2006 10:01:30	0.2943	0.0348	0.3223	0.2366
51	29/01/2006 10:01:40	0.2953	0.0344	0.3233	0.2325
52	29/01/2006 10:01:50	0.2951	0.0348	0.3231	0.2355
53	29/01/2006 10:02:00	0.3116	0.0412	0.3396	0.2657
54	29/01/2006 10:02:10	0.3172	0.0420	0.3452	0.2659
55	29/01/2006 10:02:20	0.3201	0.0456	0.3481	0.2864
56	29/01/2006 10:02:30	0.3194	0.0482	0.3474	0.3034
57	29/01/2006 10:02:40	0.3187	0.0503	0.3467	0.3176
58	29/01/2006 10:02:50	0.3199	0.0476	0.3479	0.2993
59	29/01/2006 10:03:00	0.3198	0.0444	0.3478	0.2796
60	29/01/2006 10:03:10	0.3201	0.0440	0.3481	0.2768
61	29/01/2006 10:03:20	0.3209	0.0470	0.3489	0.2949
62	29/01/2006 10:03:30	0.3211	0.0486	0.3491	0.3043
63	29/01/2006 10:03:40	0.3212	0.0514	0.3492	0.3219
64	29/01/2006 10:03:50	0.3232	0.0442	0.3512	0.2751
65	29/01/2006 10:04:00	0.3247	0.0507	0.3527	0.3148
66	29/01/2006 10:04:10	0.3264	0.0503	0.3544	0.3103
67	29/01/2006 10:04:20	0.3271	0.0503	0.3551	0.3098
68	29/01/2006 10:04:30	0.3271	0.0503	0.3551	0.3099
69	29/01/2006 10:04:40	0.3271	0.0539	0.3551	0.3321
70	29/01/2006 10:04:50	0.3269	0.0531	0.3549	0.3271
71	29/01/2006 10:05:00	0.3268	0.0550	0.3548	0.3391
72	29/01/2006 10:05:10	0.3268	0.0532	0.3548	0.3278
73	29/01/2006 10:05:20	0.3266	0.0572	0.3546	0.3528
74	29/01/2006 10:05:30	0.3274	0.0530	0.3554	0.3262
75	29/01/2006 10:05:40	0.3265	0.0504	0.3545	0.3112

**APÉNDICE 1.6. Diseño 6 ( $P/H_d = 0.50$ )**

No	Sample time	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Velocity (m/s)
1	21/12/2005 17:22:01	0.1280	6.879	0.1560	0.0965
2	21/12/2005 17:22:11	0.1372	10.568	0.1652	0.1400
3	21/12/2005 17:22:21	0.1421	15.504	0.1701	0.1995
4	21/12/2005 17:22:31	0.1449	14.815	0.1729	0.1875
5	21/12/2005 17:22:41	0.1465	14.895	0.1745	0.1868
6	21/12/2005 17:22:51	0.1478	16.258	0.1758	0.2024
7	21/12/2005 17:23:01	0.1478	16.429	0.1758	0.2045
8	21/12/2005 17:23:11	0.1482	16.151	0.1762	0.2006
9	21/12/2005 17:23:21	0.1484	16.052	0.1764	0.1991
10	21/12/2005 17:23:31	0.1486	15.647	0.1766	0.1939
11	21/12/2005 17:23:41	0.1490	17.623	0.1770	0.2179
12	21/12/2005 17:23:51	0.1488	15.857	0.1768	0.1963
13	21/12/2005 17:24:01	0.1489	13.924	0.1769	0.1722
14	21/12/2005 17:24:11	0.1492	15.105	0.1772	0.1865
15	21/12/2005 17:24:21	0.1489	15.535	0.1769	0.1922
16	21/12/2005 17:24:31	0.1489	15.244	0.1769	0.1886
17	21/12/2005 17:24:41	0.1494	16.428	0.1774	0.2026
18	21/12/2005 17:24:51	0.1492	17.343	0.1772	0.2142
19	21/12/2005 17:25:01	0.1494	17.677	0.1774	0.2180
20	21/12/2005 17:25:11	0.1494	18.270	0.1774	0.2254
21	21/12/2005 17:25:21	0.1490	14.905	0.1770	0.1843
22	21/12/2005 17:25:31	0.1494	15.928	0.1774	0.1965
23	21/12/2005 17:25:41	0.1495	16.169	0.1775	0.1993
24	21/12/2005 17:25:51	0.1493	16.679	0.1773	0.2058
25	21/12/2005 17:26:01	0.1495	16.982	0.1775	0.2094
26	21/12/2005 17:26:11	0.1569	20.013	0.1849	0.2368
27	21/12/2005 17:26:21	0.1670	22.484	0.1950	0.2523
28	21/12/2005 17:26:31	0.1714	26.318	0.1994	0.2888
29	21/12/2005 17:26:41	0.1742	27.522	0.2022	0.2978
30	21/12/2005 17:26:51	0.1750	30.446	0.2030	0.3282
31	21/12/2005 17:27:01	0.1760	30.013	0.2040	0.3219
32	21/12/2005 17:27:11	0.1752	27.623	0.2032	0.2974
33	21/12/2005 17:27:21	0.1758	29.466	0.2038	0.3164
34	21/12/2005 17:27:31	0.1758	28.004	0.2038	0.3007
35	21/12/2005 17:27:41	0.1761	29.381	0.2041	0.3150
36	21/12/2005 17:27:51	0.1768	29.919	0.2048	0.3196
37	21/12/2005 17:28:01	0.1763	30.073	0.2043	0.3221
38	21/12/2005 17:28:11	0.1758	29.120	0.2038	0.3127
39	21/12/2005 17:28:21	0.1760	28.969	0.2040	0.3108

40	21/12/2005 17:28:31	0.1768	30.604	0.2048	0.3270
41	21/12/2005 17:28:41	0.1761	29.051	0.2041	0.3115
42	21/12/2005 17:28:51	0.1763	29.937	0.2043	0.3207
43	21/12/2005 17:29:01	0.1758	30.301	0.2038	0.3253
44	21/12/2005 17:29:11	0.1761	29.633	0.2041	0.3177
45	21/12/2005 17:29:21	0.1752	29.682	0.2032	0.3196
46	21/12/2005 17:29:31	0.1761	31.054	0.2041	0.3329
47	21/12/2005 17:29:41	0.1826	33.309	0.2106	0.3461
48	21/12/2005 17:29:51	0.1974	41.170	0.2254	0.3997
49	21/12/2005 17:30:01	0.2041	44.052	0.2321	0.4153
50	21/12/2005 17:30:11	0.2056	49.117	0.2336	0.4601
51	21/12/2005 17:30:21	0.2060	45.985	0.2340	0.4301
52	21/12/2005 17:30:31	0.2076	49.601	0.2356	0.4606
53	21/12/2005 17:30:41	0.2084	48.287	0.2364	0.4470
54	21/12/2005 17:30:51	0.2069	51.015	0.2349	0.4752
55	21/12/2005 17:31:01	0.2614	70.274	0.2894	0.5314
56	21/12/2005 17:31:11	0.2150	51.257	0.2430	0.4616
57	21/12/2005 17:31:21	0.2103	48.824	0.2383	0.4483
58	21/12/2005 17:31:31	0.2056	47.758	0.2336	0.4473
59	21/12/2005 17:31:41	0.2074	45.812	0.2354	0.4259
60	21/12/2005 17:31:51	0.2080	48.440	0.2360	0.4492
61	21/12/2005 17:32:01	0.2079	47.107	0.2359	0.4369
62	21/12/2005 17:32:11	0.2082	47.714	0.2362	0.4421
63	21/12/2005 17:32:21	0.2074	45.907	0.2354	0.4267
64	21/12/2005 17:32:31	0.2082	46.365	0.2362	0.4296
65	21/12/2005 17:32:41	0.2086	48.406	0.2366	0.4477
66	21/12/2005 17:32:51	0.2087	48.449	0.2367	0.4479
67	21/12/2005 17:33:01	0.2077	46.605	0.2357	0.4327
68	21/12/2005 17:33:11	0.2076	47.421	0.2356	0.4405
69	21/12/2005 17:33:21	0.2079	48.750	0.2359	0.4522
70	21/12/2005 17:33:31	0.2085	48.528	0.2365	0.4490
71	21/12/2005 17:33:41	0.2085	49.179	0.2365	0.4550
72	21/12/2005 17:33:51	0.2082	47.826	0.2362	0.4430
73	21/12/2005 17:34:01	0.2090	46.132	0.2370	0.4260
74	21/12/2005 17:34:11	0.2083	49.546	0.2363	0.4589
75	21/12/2005 17:34:21	0.2089	45.199	0.2369	0.4175

## APÉNDICE 2. DATOS OBTENIDOS DEL TRANSMISOR DE PRESIONES

Debido a la gran extensión de datos, se adjunta los 45 primeros valores de cada ensayo.

### APÉNDICE 2.1. Diseño 1 ( $P/H_d = 3.00$ )

No	Hora	S-1 [mA] (1)	S-2 [mA] (2)	S-3 [mA] (3)	S-4 [mA] (4)	S-5 [mA] (5)	S-7 [mA] (7)	S-8 [mA] (8)	S-9 [mA] (9)
1	17:04:11	16.941	21.566	16.557	18.261	16.871	17.823	16.067	17.000
2	17:04:12	16.941	21.566	16.557	18.260	16.870	17.820	16.066	17.001
3	17:04:13	16.941	21.566	16.560	18.260	16.869	17.820	16.066	17.003
4	17:04:14	16.938	21.566	16.556	18.261	16.874	17.819	16.066	17.000
5	17:04:15	16.941	21.566	16.563	18.261	16.867	17.818	16.067	17.001
6	17:04:16	16.943	21.566	16.559	18.265	16.870	17.818	16.066	16.997
7	17:04:17	16.943	21.566	16.556	18.262	16.869	17.817	16.067	17.000
8	17:04:18	16.941	21.566	16.559	18.261	16.871	17.818	16.067	16.997
9	17:04:19	16.942	21.566	16.558	18.263	16.869	17.822	16.064	17.000
10	17:04:20	16.942	21.566	16.556	18.262	16.871	17.819	16.066	16.999
11	17:04:21	16.941	21.566	16.556	18.264	16.869	17.821	16.066	16.997
12	17:04:22	16.942	21.566	16.558	18.261	16.868	17.821	16.064	17.001
13	17:04:23	16.938	21.566	16.557	18.262	16.871	17.822	16.064	17.000
14	17:04:24	16.941	21.566	16.561	18.263	16.868	17.822	16.066	17.000
15	17:04:25	16.942	21.566	16.556	18.263	16.871	17.822	16.064	17.004
16	17:04:26	16.938	21.566	16.562	18.261	16.871	17.822	16.066	17.003
17	17:04:27	16.941	21.566	16.562	18.260	16.870	17.818	16.067	17.001
18	17:04:28	16.942	21.566	16.558	18.263	16.868	17.820	16.067	17.000
19	17:04:29	16.941	21.566	16.559	18.262	16.870	17.818	16.062	16.998
20	17:04:30	16.943	21.566	16.559	18.263	16.870	17.823	16.066	16.997

21	17:04:31	16.940	21.566	16.558	18.264	16.870	17.823	16.066	17.000
22	17:04:32	16.941	21.565	16.556	18.265	16.869	17.821	16.066	17.000
23	17:04:33	16.941	21.566	16.558	18.264	16.870	17.821	16.065	17.004
24	17:04:34	16.941	21.566	16.561	18.265	16.870	17.821	16.063	16.997
25	17:04:35	16.939	21.566	16.559	18.265	16.867	17.817	16.065	17.000
26	17:04:36	16.940	21.566	16.560	18.264	16.871	17.817	16.066	16.997
27	17:04:37	16.941	21.565	16.558	18.264	16.871	17.820	16.067	17.002
28	17:04:38	16.941	21.566	16.563	18.265	16.871	17.819	16.064	17.000
29	17:04:39	16.941	21.566	16.561	18.273	16.870	17.818	16.064	16.997
30	17:04:40	16.942	21.566	16.556	18.274	16.869	17.827	16.067	16.999
31	17:04:41	16.942	21.566	16.559	18.274	16.870	17.821	16.066	17.002
32	17:04:42	16.941	21.566	16.559	18.280	16.871	17.821	16.065	17.000
33	17:04:43	16.942	21.566	16.559	18.295	16.871	17.822	16.066	17.000
34	17:04:44	16.940	21.566	16.559	18.292	16.871	17.821	16.066	16.998
35	17:04:45	16.941	21.566	16.561	18.291	16.870	17.823	16.064	17.002
36	17:04:46	16.942	21.566	16.559	18.290	16.870	17.820	16.066	17.000
37	17:04:47	16.940	21.566	16.560	18.293	16.871	17.820	16.064	17.001
38	17:04:48	16.941	21.566	16.557	18.281	16.870	17.822	16.067	17.000
39	17:04:49	16.941	21.566	16.560	18.283	16.871	17.821	16.064	17.000
40	17:04:50	16.942	21.566	16.562	18.283	16.871	17.821	16.065	17.000
41	17:04:51	16.941	21.566	16.559	18.283	16.868	17.822	16.064	17.000
42	17:04:52	16.940	21.566	16.563	18.280	16.871	17.820	16.064	16.997
43	17:04:53	16.943	21.565	16.559	18.280	16.871	17.823	16.064	17.001
44	17:04:54	16.941	21.565	16.561	18.281	16.871	17.821	16.065	17.000
45	17:04:55	16.939	21.566	16.558	18.280	16.869	17.823	16.064	17.000

APÉNDICE 2.2. Diseño 2 ( $P/H_d = 2.50$ )

No	Hora	S-1 [mA] (1)	S-2 [mA] (2)	S-3 [mA] (3)	S-4 [mA] (4)	S-5 [mA] (5)	S-7 [mA] (7)	S-8 [mA] (8)	S-9 [mA] (9)
1	10:49:43	16.829	21.565	13.145	14.973	13.049	13.505	12.432	13.129
2	10:49:44	16.829	21.565	13.146	14.970	13.050	13.500	12.436	13.129
3	10:49:45	16.829	21.565	13.146	14.974	13.050	13.503	12.436	13.130
4	10:49:46	16.830	21.564	13.146	14.976	13.053	13.504	12.438	13.127
5	10:49:47	16.829	21.564	13.153	14.976	13.051	13.503	12.436	13.130
6	10:49:48	16.821	21.564	13.153	14.974	13.049	13.504	12.437	13.128
7	10:49:49	16.828	21.565	13.153	14.974	13.053	13.502	12.433	13.128
8	10:49:50	16.828	21.564	13.148	14.973	13.053	13.501	12.432	13.129
9	10:49:51	16.838	21.566	13.152	14.974	13.051	13.502	12.437	13.127
10	10:49:52	16.826	21.564	13.156	14.974	13.052	13.502	12.432	13.129
11	10:49:53	16.829	21.564	13.156	14.975	13.051	13.503	12.433	13.129
12	10:49:54	16.834	21.566	13.156	14.975	13.054	13.505	12.431	13.130
13	10:49:55	16.829	21.564	13.159	14.976	13.049	13.502	12.436	13.128
14	10:49:56	16.830	21.564	13.156	14.976	13.051	13.504	12.437	13.127
15	10:49:57	16.829	21.565	13.159	14.977	13.050	13.503	12.436	13.127
16	10:49:58	16.831	21.564	13.160	14.975	13.051	13.503	12.437	13.129
17	10:49:59	16.832	21.564	13.164	14.976	13.050	13.500	12.438	13.127
18	10:50:00	16.834	21.565	13.161	14.977	13.052	13.504	12.434	13.127
19	10:50:01	16.829	21.565	13.162	14.978	13.049	13.502	12.437	13.129
20	10:50:02	16.829	21.565	13.165	14.978	13.050	13.506	12.433	13.130
21	10:50:03	16.827	21.566	13.167	14.978	13.055	13.503	12.435	13.129
22	10:50:04	16.826	21.564	13.166	14.977	13.055	13.506	12.438	13.130
23	10:50:05	16.832	21.565	13.166	14.978	13.055	13.506	12.435	13.130
24	10:50:06	16.828	21.565	13.168	14.979	13.049	13.505	12.435	13.128

25	10:50:07	16.832	21.565	13.169	14.979	13.052	13.505	12.437	13.128
26	10:50:08	16.832	21.565	13.170	14.978	13.052	13.505	12.432	13.127
27	10:50:09	16.829	21.565	13.171	14.979	13.051	13.506	12.438	13.127
28	10:50:10	16.829	21.564	13.171	14.978	13.051	13.506	12.438	13.127
29	10:50:11	16.828	21.565	13.169	14.978	13.052	13.503	12.438	13.127
30	10:50:12	16.830	21.564	13.169	14.978	13.052	13.503	12.438	13.127
31	10:50:13	16.806	21.564	13.172	14.980	13.053	13.506	12.435	13.131
32	10:50:14	16.826	21.565	13.171	14.978	13.050	13.506	12.432	13.128
33	10:50:15	16.828	21.565	13.172	14.978	13.050	13.505	12.437	13.127
34	10:50:16	16.829	21.565	13.171	14.978	13.051	13.506	12.431	13.130
35	10:50:17	16.826	21.564	13.175	14.979	13.052	13.505	12.437	13.128
36	10:50:18	16.829	21.565	13.175	14.978	13.049	13.507	12.436	13.129
37	10:50:19	16.829	21.565	13.175	14.980	13.054	13.506	12.437	13.127
38	10:50:20	16.827	21.565	13.175	14.981	13.055	13.506	12.433	13.130
39	10:50:21	16.829	21.565	13.175	14.980	13.052	13.506	12.438	13.128
40	10:50:22	16.826	21.565	13.176	14.979	13.052	13.506	12.436	13.129
41	10:50:23	16.827	21.565	13.175	14.978	13.050	13.505	12.437	13.130
42	10:50:24	16.831	21.565	13.179	14.979	13.054	13.506	12.436	13.130
43	10:50:25	16.829	21.565	13.180	14.981	13.054	13.506	12.436	13.127
44	10:50:26	16.829	21.565	13.180	14.981	13.049	13.506	12.437	13.130
45	10:50:27	16.829	21.565	13.180	14.979	13.051	13.506	12.434	13.127

APÉNDICE 2.3. Diseño 3 ( $P/H_d = 2.00$ )

No	Hora	S-1 [mA] (1)	S-2 [mA] (2)	S-3 [mA] (3)	S-4 [mA] (4)	S-5 [mA] (5)	S-7 [mA] (7)	S-8 [mA] (8)	S-9 [mA] (9)
1	10:26:43	17.112	21.561	16.943	18.277	17.067	18.993	16.140	16.900
2	10:26:44	17.108	21.561	16.943	18.280	17.066	18.984	16.144	16.894
3	10:26:45	17.110	21.561	16.944	18.277	17.067	18.991	16.138	16.894
4	10:26:46	17.112	21.561	16.945	18.279	17.066	18.985	16.138	16.896
5	10:26:47	17.108	21.561	16.947	18.280	17.065	18.987	16.140	16.901
6	10:26:48	17.107	21.561	16.941	18.280	17.067	18.984	16.139	16.894
7	10:26:49	17.111	21.560	16.945	18.279	17.065	18.985	16.141	16.897
8	10:26:50	17.108	21.562	16.944	18.280	17.063	18.983	16.139	16.898
9	10:26:51	17.108	21.561	16.944	18.279	17.066	18.984	16.140	16.900
10	10:26:52	17.109	21.562	16.941	18.284	17.068	18.984	16.134	16.898
11	10:26:53	17.109	21.561	16.944	18.283	17.061	18.981	16.143	16.900
12	10:26:54	17.112	21.559	16.943	18.285	17.065	18.981	16.137	16.898
13	10:26:55	17.114	21.562	16.942	18.288	17.065	18.980	16.140	16.897
14	10:26:56	17.113	21.562	16.946	18.285	17.069	18.973	16.134	16.904
15	10:26:57	17.110	21.561	16.942	18.285	17.066	18.978	16.141	16.899
16	10:26:58	17.112	21.562	16.944	18.286	17.063	18.978	16.137	16.902
17	10:26:59	17.112	21.561	16.941	18.289	17.063	18.979	16.134	16.898
18	10:27:00	17.113	21.561	16.941	18.287	17.068	18.970	16.135	16.897
19	10:27:01	17.109	21.561	16.940	18.288	17.066	18.974	16.138	16.903
20	10:27:02	17.113	21.562	16.939	18.287	17.066	18.972	16.137	16.904
21	10:27:03	17.112	21.561	16.944	18.289	17.068	18.969	16.137	16.903
22	10:27:04	17.108	21.560	16.941	18.293	17.063	18.969	16.137	16.903
23	10:27:05	17.113	21.561	16.942	18.290	17.067	18.965	16.137	16.902
24	10:27:06	17.118	21.562	16.941	18.293	17.066	18.969	16.137	16.903

25	10:27:07	17.110	21.561	16.941	18.292	17.066	18.965	16.134	16.904
26	10:27:08	17.108	21.561	16.941	18.293	17.061	18.965	16.134	16.904
27	10:27:09	17.108	21.562	16.941	18.293	17.066	18.965	16.137	16.904
28	10:27:10	17.115	21.562	16.939	18.295	17.066	18.963	16.137	16.904
29	10:27:11	17.111	21.562	16.941	18.294				
30	10:27:12	17.108	21.562	16.941	18.294	17.066	18.962	16.133	16.904
31	10:27:13	17.108	21.562	16.941	18.299	17.064	18.961	16.133	16.908
32	10:27:14	17.110	21.562	16.941	18.299	17.067	18.965	16.133	16.907
33	10:27:15	17.109	21.562	16.941	18.298	17.066	18.960	16.133	16.908
34	10:27:16	17.112	21.560	16.941	18.299	17.065	18.962	16.133	16.906
35	10:27:17	17.115	21.562	16.940	18.299	17.066	18.955	16.135	16.907
36	10:27:18	17.109	21.562	16.941	18.300	17.065	18.958	16.134	16.908
37	10:27:19	17.113	21.563	16.939	18.299	17.064	18.954	16.134	16.908
38	10:27:20	17.110	21.562	16.944	18.303	17.066	18.950	16.134	16.909
39	10:27:21	17.115	21.562	16.943	18.302	17.066	18.951	16.132	16.907
40	10:27:22	17.113	21.562	16.940	18.299	17.054	18.947	16.135	16.915
41	10:27:23	17.115	21.561	16.941	18.303	17.054	18.946	16.153	16.904
42	10:27:24	17.096	21.561	16.931	18.296	17.061	18.944	16.168	16.898
43	10:27:25	17.103	21.561	16.941	18.301	17.061	18.950	16.131	16.897
44	10:27:26	17.105	21.561	16.944	18.304	17.060	18.938	16.125	16.907
45	10:27:27	17.085	21.562	16.938	18.303	17.064	18.949	16.128	16.933

**APÉNDICE 2.4. Diseño 4 ( $P/H_d = 1.50$ )**

No	Hora	S-1 [mA] (1)	S-2 [mA] (2)	S-3 [mA] (3)	S-4 [mA] (4)	S-5 [mA] (5)	S-7 [mA] (7)	S-8 [mA] (8)	S-9 [mA] (9)
1	16:42:48	16.930	21.566	16.489	18.239	16.284	16.985	15.504	16.380
2	16:42:49	16.931	21.566	16.492	18.243	16.282	16.985	15.500	16.379
3	16:42:50	16.921	21.566	16.491	18.236	16.287	16.986	15.498	16.380
4	16:42:51	16.929	21.566	16.491	18.238	16.286	16.989	15.497	16.379
5	16:42:52	16.930	21.566	16.493	18.243	16.285	16.982	15.500	16.380
6	16:42:53	16.921	21.566	16.491	18.238	16.284	16.982	15.500	16.380
7	16:42:54	16.926	21.566	16.490	18.239	16.285	16.986	15.498	16.380
8	16:42:55	16.934	21.566	16.492	18.246	16.287	16.986	15.500	16.380
9	16:42:56	16.920	21.566	16.492	18.238	16.284	16.989	15.502	16.382
10	16:42:57	16.937	21.565	16.491	18.244	16.289	16.985	15.501	16.380
11	16:42:58	16.925	21.566	16.492	18.246	16.285	16.988	15.500	16.380
12	16:42:59	16.927	21.566	16.492	18.237	16.282	16.987	15.500	16.379
13	16:43:00	16.933	21.566	16.492	18.244	16.282	16.989	15.497	16.379
14	16:43:01	16.925	21.566	16.490	18.238	16.283	16.992	15.503	16.380
15	16:43:02	16.936	21.566	16.492	18.245	16.282	16.989	15.500	16.383
16	16:43:03	16.921	21.566	16.492	18.241	16.283	16.985	15.498	16.379
17	16:43:04	16.934	21.566	16.497	18.246	16.286	16.987	15.497	16.382
18	16:43:05	16.925	21.566	16.492	18.239	16.286	16.989	15.502	16.379
19	16:43:06	16.935	21.566	16.491	18.246	16.289	16.992	15.499	16.380
20	16:43:07	16.922	21.566	16.491	18.243	16.284	16.990	15.499	16.381
21	16:43:08	16.936	21.566	16.492	18.244	16.283	16.993	15.497	16.381
22	16:43:09	16.922	21.566	16.491	18.243	16.284	16.989	15.498	16.380
23	16:43:10	16.935	21.566	16.492	18.243	16.288	16.991	15.498	16.379
24	16:43:11	16.922	21.566	16.492	18.245	16.285	16.992	15.498	16.380

25	16:43:12	16.930	21.566	16.491	18.240	16.282	16.993	15.500	16.380
26	16:43:13	16.934	21.566	16.492	18.248	16.284	16.991	15.497	16.383
27	16:43:14	16.923	21.566	16.490	18.239	16.285	16.987	15.498	16.380
28	16:43:15	16.936	21.566	16.492	18.249	16.283	16.985	15.503	16.380
29	16:43:16	16.925	21.566	16.491	18.243	16.284	16.986	15.499	16.380
30	16:43:17	16.939	21.566	16.491	18.243	16.283	16.986	15.497	16.379
31	16:43:18	16.925	21.566	16.492	18.246	16.283	16.989	15.500	16.379
32	16:43:19	16.932	21.566	16.490	18.240	16.287	16.991	15.500	16.382
33	16:43:20	16.935	21.566	16.492	18.249	16.285	16.995	15.499	16.380
34	16:43:21	16.925	21.566	16.490	18.242	16.283	16.996	15.500	16.379
35	16:43:22	16.932	21.565	16.492	18.246	16.283	16.993	15.501	16.378
36	16:43:23	16.923	21.566	16.490	18.243	16.283	16.995	15.502	16.380
37	16:43:24	16.937	21.566	16.492	18.248	16.283	16.995	15.496	16.379
38	16:43:25	16.928	21.566	16.492	18.246	16.284	16.995	15.500	16.379
39	16:43:26	16.934	21.566	16.489	18.240	16.282	16.995	15.498	16.381
40	16:43:27	16.931	21.566	16.492	18.248	16.285	16.992	15.500	16.382
41	16:43:28	16.931	21.566	16.491	18.241	16.289	16.991	15.500	16.383
42	16:43:29	16.933	21.566	16.492	18.248	16.285	16.993	15.503	16.383
43	16:43:30	16.929	21.566	16.490	18.239	16.284	16.994	15.500	16.380
44	16:43:31	16.934	21.566	16.494	18.248	16.290	16.995	15.500	16.380
45	16:43:32	16.925	21.566	16.491	18.242	16.284	16.992	15.501	16.380

APÉNDICE 2.5. Diseño 5 ( $P/H_d = 1.00$ )

No	Hora	S-1 [mA] (1)	S-2 [mA] (2)	S-3 [mA] (3)	S-4 [mA] (4)	S-5 [mA] (5)	S-7 [mA] (7)	S-8 [mA] (8)	S-9 [mA] (9)
1	10:36:17	17.221	21.566	17.076	19.189	17.232	16.687	16.416	16.465
2	10:36:18	17.215	21.566	17.073	19.188	17.236	16.686	16.358	16.466
3	10:36:19	17.217	21.566	17.075	19.188	17.231	16.685	16.406	16.466
4	10:36:20	17.217	21.566	17.073	19.188	17.233	16.692	16.352	16.467
5	10:36:21	17.217	21.566	17.074	19.188	17.233	16.69	16.394	16.465
6	10:36:22	17.217	21.566	17.074	19.188	17.233	16.693	16.357	16.467
7	10:36:23	17.214	21.566	17.087	19.188	17.233	16.692	16.374	16.466
8	10:36:24	17.214	21.566	17.075	19.189	17.232	16.691	16.374	16.463
9	10:36:25	17.213	21.566	17.074	19.187	17.236	16.689	16.364	16.461
10	10:36:26	17.217	21.566	17.076	19.188	17.234	16.693	16.374	16.466
11	10:36:27	17.217	21.566	17.075	19.189	17.233	16.692	16.342	16.467
12	10:36:28	17.217	21.566	17.076	19.19	17.231	16.689	16.379	16.466
13	10:36:29	17.219	21.566	17.076	19.19	17.233	16.685	16.332	16.465
14	10:36:30	17.216	21.566	17.075	19.189	17.234	16.689	16.38	16.465
15	10:36:31	17.215	21.566	17.074	19.188	17.236	16.692	16.324	16.466
16	10:36:32	17.217	21.566	17.075	19.188	17.235	16.685	16.377	16.467
17	10:36:33	17.216	21.566	17.076	19.188	17.235	16.691	16.347	16.464
18	10:36:34	17.214	21.566	17.075	19.188	17.234	16.692	16.338	16.466
19	10:36:35	17.217	21.566	17.075	19.189	17.233	16.688	16.368	16.465
20	10:36:36	17.216	21.566	17.075	19.188	17.234	16.683	16.313	16.465
21	10:36:37	17.218	21.566	17.075	19.189	17.232	16.692	16.367	16.464
22	10:36:38	17.218	21.566	17.073	19.188	17.234	16.688	16.313	16.466
23	10:36:39	17.216	21.566	17.076	19.187	17.236	16.69	16.339	16.467
24	10:36:40	17.217	21.566	17.077	19.188	17.236	16.692	16.343	16.467

25	10:36:41	17.217	21.566	17.076	19.186	17.235	16.689	16.307	16.466
26	10:36:42	17.216	21.566	17.078	19.19	17.235	16.692	16.355	16.466
27	10:36:43	17.219	21.566	17.076	19.188	17.234	16.692	16.304	16.466
28	10:36:44	17.216	21.566	17.075	19.188	17.234	16.692	16.324	16.465
29	10:36:45	17.217	21.566	17.076	19.186	17.232	16.692	16.318	16.466
30	10:36:46	17.214	21.566	17.074	19.188	17.235	16.691	16.301	16.465
31	10:36:47	17.217	21.566	17.073	19.187	17.231	16.689	16.339	16.466
32	10:36:48	17.218	21.566	17.076	19.189	17.236	16.689	16.285	16.466
33	10:36:49	17.219	21.566	17.073	19.189	17.233	16.692	16.34	16.465
34	10:36:50	17.217	21.566	17.076	19.188	17.234	16.687	16.282	16.466
35	10:36:51	17.213	21.566	17.076	19.188	17.232	16.692	16.316	16.466
36	10:36:52	17.218	21.566	17.077	19.188	17.23	16.684	16.301	16.467
37	10:36:53	17.219	21.566	17.074	19.188	17.235	16.687	16.301	16.466
38	10:36:54	17.214	21.566	17.076	19.188	17.239	16.693	16.313	16.466
39	10:36:55	17.217	21.566	17.072	19.188	17.234	16.689	16.281	16.465
40	10:36:56	17.218	21.566	17.076	19.188	17.233	16.692	16.32	16.466
41	10:36:57	17.217	21.566	17.075	19.19	17.233	16.692	16.265	16.465
42	10:36:58	17.22	21.566	17.072	19.189	17.233	16.686	16.316	16.464
43	10:36:59	17.217	21.566	17.074	19.188	17.234	16.69	16.265	16.466
44	10:37:00	17.217	21.566	17.078	19.191	17.234	16.69	16.31	16.465
45	10:37:01	17.217	21.566	17.076	19.191	17.233	16.688	16.252	16.465

**APÉNDICE 2.6. Diseño 6 ( $P/H_d = 0.50$ )**

No	Hora	S-1 [mA] (1)	S-2 [mA] (2)	S-3 [mA] (3)	S-4 [mA] (4)	S-5 [mA] (5)	S-7 [mA] (7)	S-8 [mA] (8)	S-9 [mA] (9)
1	18:01:10	13.574	21.563	15.485	15.713	15.360	16.993	14.363	15.116
2	18:01:11	13.574	21.563	15.485	15.714	15.360	16.995	14.362	15.117
3	18:01:12	13.575	21.563	15.486	15.713	15.365	16.995	14.362	15.120
4	18:01:13	13.574	21.561	15.484	15.713	15.360	16.995	14.364	15.118
5	18:01:14	13.575	21.563	15.486	15.713	15.361	16.995	14.364	15.117
6	18:01:15	13.572	21.563	15.485	15.713	15.361	16.993	14.364	15.120
7	18:01:16	13.575	21.563	15.487	15.714	15.365	16.993	14.364	15.117
8	18:01:17	13.572	21.563	15.487	15.713	15.365	16.996	14.360	15.120
9	18:01:18	13.575	21.563	15.486	15.713	15.363	16.995	14.369	15.116
10	18:01:19	13.575	21.563	15.484	15.713	15.361	16.995	14.361	15.120
11	18:01:20	13.574	21.563	15.485	15.713	15.360	16.994	14.365	15.116
12	18:01:21	13.575	21.563	15.485	15.713	15.363	16.995	14.365	15.118
13	18:01:22	13.573	21.563	15.488	15.713	15.360	16.994	14.365	15.119
14	18:01:23	13.575	21.563	15.486	15.713	15.360	16.991	14.365	15.116
15	18:01:24	13.575	21.563	15.484	15.714	15.363	16.993	14.364	15.116
16	18:01:25	13.575	21.563	15.485	15.713	15.360	16.991	14.364	15.119
17	18:01:26	13.575	21.563	15.488	15.713	15.361	16.992	14.364	15.118
18	18:01:27	13.575	21.563	15.486	15.709	15.360	16.991	14.368	15.116
19	18:01:28	13.574	21.563	15.485	15.713	15.362	16.990	14.368	15.116
20	18:01:29	13.575	21.563	15.484	15.709	15.365	16.995	14.366	15.122
21	18:01:30	13.575	21.563	15.489	15.709	15.363	16.989	14.365	15.116
22	18:01:31	13.575	21.563	15.480	15.708	15.363	16.991	14.368	15.116
23	18:01:32	13.576	21.563	15.488	15.708	15.360	16.990	14.367	15.121
24	18:01:33	13.575	21.563	15.485	15.708	15.363	16.993	14.369	15.120

25	18:01:34	13.575	21.563	15.488	15.708	15.365	16.991	14.367	15.121
26	18:01:35	13.575	21.563	15.485	15.705	15.362	16.995	14.366	15.119
27	18:01:36	13.574	21.563	15.486	15.705	15.362	16.992	14.366	15.121
28	18:01:37	13.575	21.562	15.486	15.705	15.364	16.991	14.366	15.121
29	18:01:38	13.575	21.563	15.483	15.705	15.360	16.992	14.365	15.122
30	18:01:39	13.575	21.563	15.485	15.703	15.361	16.990	14.367	15.117
31	18:01:40	13.575	21.562	15.483	15.704	15.362	16.991	14.364	15.122
32	18:01:41	13.575	21.563	15.485	15.705	15.361	16.988	14.364	15.116
33	18:01:42	13.575	21.563	15.485	15.704	15.364	16.990	14.367	15.118
34	18:01:43	13.575	21.564	15.485	15.704	15.360	16.990	14.365	15.120
35	18:01:44	13.575	21.563	15.485	15.707	15.362	16.993	14.368	15.121
36	18:01:45	13.575	21.563	15.485	15.705	15.364	16.985	14.365	15.122
37	18:01:46	13.575	21.563	15.488	15.705	15.360	16.988	14.368	15.117
38	18:01:47	13.575	21.563	15.485	15.705	15.363	16.990	14.365	15.121
39	18:01:48	13.575	21.563	15.485	15.705	15.360	16.987	14.368	15.121
40	18:01:49	13.575	21.563	15.485	15.705	15.363	16.988	14.370	15.121
41	18:01:50	13.574	21.563	15.485	15.704	15.360	16.985	14.365	15.120
42	18:01:51	13.575	21.563	15.486	15.705	15.363	16.985	14.365	15.119
43	18:01:52	13.575	21.563	15.485	15.709	15.363	16.985	14.366	15.116
44	18:01:53	13.575	21.563	15.484	15.705	15.361	16.986	14.371	15.120
45	18:01:54	13.575	21.563	15.485	15.704	15.363	16.986	14.365	15.121

### APÉNDICE 3. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS ESTRATOS SELECCIONADOS

Debido a la gran extensión de datos, se difundirán las diecisiete primeras muestras de cada estrato a excepción de la primera tabla con trece datos.

#### APÉNDICE 3.1. Diseño 1 ( $P/H_d = 3.00$ )

VALORES INICIALES												
N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:02:42					16.94	16.56	18.26	16.87	17.83	16.07	17.00
2	17:02:43					16.94	16.56	18.26	16.87	17.83	16.07	17.00
3	17:02:44					16.94	16.56	18.26	16.87	17.83	16.06	17.00
4	17:02:45					16.94	16.56	18.26	16.87	17.83	16.06	17.00
5	17:02:46		0	0		16.94	16.56	18.25	16.87	17.83	16.06	17.00
6	17:02:47					16.94	16.56	18.26	16.87	17.83	16.07	17.00
7	17:02:48					16.94	16.56	18.26	16.87	17.83	16.06	17.00
8	17:02:49					16.94	16.56	18.26	16.87	17.83	16.06	17.00
9	17:02:50					16.94	16.56	18.25	16.87	17.83	16.07	17.00
10	17:02:51					16.94	16.56	18.25	16.87	17.83	16.07	17.00
11	17:02:52					16.94	16.56	18.26	16.87	17.83	16.07	17.00
12	17:02:53					16.94	16.56	18.25	16.87	17.84	16.06	17.00
13	17:02:54					16.94	16.56	18.25	16.87	17.83	16.07	17.00
<b>Promedio</b>			0.000			16.941	16.561	18.247	16.867	17.837	16.064	16.998
<b>Varianza</b>			0.000			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>			0.000			0.011	0.011	0.006	0.017	0.011	0.009	0.007
<b>C. Variación</b>			0.00%			0.07%	0.07%	0.03%	0.10%	0.06%	0.05%	0.04%

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 1**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:07:48					17.00	17.40	18.86	17.21	18.19	16.81	17.48
2	17:07:49					17.02	17.42	18.86	17.19	18.21	16.83	17.47
3	17:07:50					16.99	17.41	18.85	17.21	18.20	16.80	17.48
4	17:07:51					17.02	17.40	18.86	17.20	18.20	16.80	17.47
5	17:07:52	0.34	14.62	0.37	0.09	17.01	17.41	18.85	17.19	18.21	16.82	17.48
6	17:07:53					16.99	17.43	18.85	17.20	18.20	16.81	17.49
7	17:07:54					17.00	17.40	18.86	17.20	18.19	16.81	17.48
8	17:07:55					17.02	17.42	18.86	17.19	18.22	16.83	17.48
9	17:07:56					16.99	17.41	18.85	17.21	18.20	16.81	17.48
10	17:07:57					17.03	17.40	18.86	17.20	18.19	16.83	17.46
11	17:07:58					16.99	17.41	18.85	17.20	18.21	16.82	17.48
12	17:07:59					17.02	17.40	18.86	17.20	18.20	16.80	17.47
13	17:08:00					17.00	17.42	18.85	17.19	18.22	16.83	17.48
14	17:08:01					16.99	17.42	18.85	17.20	18.20	16.80	17.48
15	17:08:02	0.34	15.04	0.37	0.09	17.03	17.41	18.86	17.20	18.19	16.83	17.46
16	17:08:03					16.99	17.41	18.85	17.21	18.21	16.80	17.49
17	17:08:04					17.02	17.41	18.86	17.19	18.21	16.81	17.47
<b>Promedio</b>		0.341	14.261	0.369	0.085	17.006	17.412	18.850	17.199	18.203	16.815	17.476
<b>Varianza</b>		0.000	0.397	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.575	0.000	0.003	0.012	0.011	0.006	0.008	0.009	0.012	0.008
<b>C. Variación</b>		0.10%	4.03%	0.09%	3.98%	0.07%	0.07%	0.03%	0.04%	0.05%	0.07%	0.04%

<b>Incremento (mA)</b>	0.066	0.851	0.603	0.332	0.366	0.751	0.477
<b>Presión (mbar)</b>	0.822	10.633	7.534	4.146	4.580	9.388	5.965

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 2**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:13:01					16.99	17.40	18.82	17.18	18.23	16.75	17.44
2	17:13:02					16.99	17.39	18.81	17.17	18.23	16.75	17.43
3	17:13:03					17.00	17.39	18.82	17.18	18.24	16.75	17.43
4	17:13:04					17.00	17.39	18.81	17.18	18.23	16.75	17.44
5	17:13:05	0.33	9.89	0.36	0.06	16.99	17.40	18.81	17.18	18.23	16.75	17.43
6	17:13:06					16.99	17.40	18.81	17.18	18.23	16.75	17.43
7	17:13:07					17.00	17.39	18.82	17.18	18.23	16.75	17.44
8	17:13:08					17.00	17.40	18.81	17.18	18.23	16.75	17.43
9	17:13:09					16.99	17.39	18.82	17.18	18.24	16.74	17.43
10	17:13:10					17.00	17.39	18.82	17.17	18.23	16.75	17.43
11	17:13:11					16.99	17.39	18.82	17.18	18.23	16.75	17.44
12	17:13:12					16.99	17.39	18.81	17.18	18.23	16.75	17.44
13	17:13:13					17.00	17.39	18.82	17.18	18.24	16.75	17.44
14	17:13:14					16.99	17.39	18.81	17.18	18.24	16.75	17.44
15	17:13:15	0.33	10.39	0.36	0.06	17.00	17.39	18.82	17.18	18.23	16.75	17.44
16	17:13:16					17.00	17.39	18.81	17.18	18.24	16.75	17.44
17	17:13:17					17.00	17.39	18.81	17.18	18.24	16.75	17.43
<b>Promedio</b>		0.330	9.958	0.358	0.061	16.996	17.392	18.811	17.177	18.235	16.748	17.433
<b>Varianza</b>		0.000	0.351	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.541	0.000	0.003	0.003	0.003	0.002	0.004	0.004	0.003	0.005
<b>C. Variación</b>		0.01%	5.43%	0.01%	5.43%	0.02%	0.02%	0.01%	0.02%	0.02%	0.02%	0.03%

<b>Incremento (mA)</b>	0.055	0.831	0.564	0.309	0.399	0.684	0.435
<b>Presión (mbar)</b>	0.693	10.382	7.053	3.866	4.984	8.554	5.440

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 3**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:19:36					16.96	17.41	18.74	17.17	18.31	17.02	17.51
2	17:19:37					16.97	17.41	18.74	17.17	18.31	17.00	17.49
3	17:19:38					16.97	17.42	18.74	17.15	18.30	17.00	17.49
4	17:19:39					16.96	17.43	18.73	17.18	18.30	17.01	17.50
5	17:19:40	0.37	25.65	0.40	0.14	16.97	17.42	18.73	17.17	18.31	17.02	17.51
6	17:19:41					16.96	17.41	18.74	17.17	18.30	17.01	17.50
7	17:19:42					16.97	17.41	18.73	17.15	18.30	17.00	17.48
8	17:19:43					16.96	17.42	18.74	17.16	18.30	17.02	17.51
9	17:19:44					16.97	17.43	18.74	17.18	18.29	17.02	17.51
10	17:19:45					16.97	17.43	18.74	17.17	18.30	17.02	17.51
11	17:19:46					16.97	17.44	18.74	17.18	18.30	17.01	17.52
12	17:19:47					16.98	17.42	18.75	17.18	18.30	17.02	17.53
13	17:19:48					16.97	17.43	18.75	17.19	18.30	17.03	17.55
14	17:19:49					16.97	17.43	18.75	17.18	18.29	17.03	17.53
15	17:19:50	0.37	27.79	0.40	0.15	16.98	17.42	18.75	17.18	18.31	17.02	17.52
16	17:19:51					16.96	17.40	18.73	17.16	18.30	17.01	17.50
17	17:19:52					16.97	17.41	18.74	17.17	18.30	17.01	17.51
<b>Promedio</b>		0.373	26.459	0.401	0.144	16.969	17.420	18.744	17.172	18.310	17.013	17.510
<b>Varianza</b>		0.000	0.801	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.817	0.000	0.004	0.007	0.009	0.006	0.009	0.010	0.008	0.013
<b>C. Variación</b>		0.02%	3.09%	0.02%	3.09%	0.04%	0.05%	0.03%	0.05%	0.06%	0.05%	0.07%

<b>Incremento (mA)</b>	0.028	0.859	0.497	0.304	0.473	0.950	0.512
<b>Presión (mbar)</b>	0.353	10.741	6.210	3.803	5.911	11.870	6.399

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 4**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:25:34					16.86	17.38	18.57	17.00	18.19	17.11	17.40
2	17:25:35					16.91	17.29	18.58	17.03	18.19	17.14	17.40
3	17:25:36					16.87	17.36	18.59	17.04	18.22	17.17	17.46
4	17:25:37					16.86	17.33	18.56	16.99	18.20	17.12	17.40
5	17:25:38	0.40	40.29	0.43	0.20	16.93	17.33	18.61	17.10	18.24	17.16	17.50
6	17:25:39					16.88	17.33	18.59	17.01	18.21	17.15	17.44
7	17:25:40					16.90	17.30	18.59	17.02	18.22	17.13	17.43
8	17:25:41					16.90	17.29	18.58	17.02	18.20	17.18	17.40
9	17:25:42					16.85	17.36	18.57	17.03	18.21	17.17	17.47
10	17:25:43					16.92	17.33	18.61	17.11	18.20	17.17	17.50
11	17:25:44					16.84	17.36	18.58	17.03	18.20	17.18	17.47
12	17:25:45					16.85	17.32	18.57	17.01	18.22	17.12	17.42
13	17:25:46					16.91	17.30	18.57	17.02	18.20	17.12	17.39
14	17:25:47					16.91	17.38	18.56	17.03	18.17	17.18	17.42
15	17:25:48	0.40	44.85	0.43	0.23	16.85	17.35	18.59	17.06	18.23	17.17	17.53
16	17:25:49					16.87	17.30	18.59	17.04	18.21	17.14	17.47
17	17:25:50					16.89	17.33	18.60	17.06	18.21	17.12	17.47
<b>Promedio</b>		0.403	41.958	0.431	0.213	16.884	17.338	18.582	17.043	18.211	17.154	17.454
<b>Varianza</b>		0.000	4.203	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.002
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.871	0.000	0.010	0.027	0.026	0.015	0.027	0.017	0.023	0.046
<b>C. Variación</b>		0.01%	4.46%	0.01%	4.46%	0.16%	0.15%	0.08%	0.16%	0.09%	0.13%	0.26%

<b>Incremento (mA)</b>	-0.056	0.777	0.335	0.176	0.374	1.090	0.455
<b>Presión (mbar)</b>	-0.702	9.712	4.184	2.199	4.675	13.630	5.693

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 5**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:29:14					16.82	17.15	18.41	16.91	18.09	17.35	17.41
2	17:29:15					16.79	17.20	18.42	16.89	18.15	17.30	17.40
3	17:29:16					16.75	17.13	18.40	16.82	18.28	17.31	17.42
4	17:29:17					16.76	17.16	18.41	16.82	18.32	17.29	17.47
5	17:29:18	0.43	59.55	0.46	0.29	16.78	17.12	18.43	16.97	18.16	17.27	17.42
6	17:29:19					16.78	17.12	18.43	17.10	17.90	17.28	17.56
7	17:29:20					16.77	17.12	18.41	16.92	18.06	17.25	17.40
8	17:29:21					16.82	17.11	18.42	16.87	18.06	17.22	17.34
9	17:29:22					16.83	17.14	18.42	16.88	18.07	17.26	17.33
10	17:29:23					16.83	17.11	18.41	16.88	18.09	17.26	17.34
11	17:29:24					16.77	17.14	18.42	16.90	18.07	17.26	17.47
12	17:29:25					16.78	17.15	18.43	16.91	18.12	17.27	17.47
13	17:29:26					16.80	17.12	18.43	16.93	18.14	17.29	17.50
14	17:29:27					16.81	17.11	18.43	16.91	18.08	17.29	17.43
15	17:29:28	0.43	55.86	0.46	0.27	16.80	17.08	18.42	16.88	18.09	17.26	17.40
16	17:29:29					16.80	17.15	18.44	16.97	18.13	17.31	17.47
17	17:29:30					16.77	17.13	18.44	16.93	18.12	17.28	17.44
<b>Promedio</b>		0.427	58.839	0.455	0.283	16.798	17.140	18.421	16.904	18.092	17.279	17.413
<b>Varianza</b>		0.000	3.551	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.003	0.001	0.003
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.720	0.000	0.008	0.026	0.030	0.016	0.043	0.056	0.031	0.052
<b>C. Variación</b>		0.05%	2.92%	0.04%	2.92%	0.15%	0.18%	0.09%	0.25%	0.31%	0.18%	0.30%

<b>Incremento (mA)</b>	-0.142	0.579	0.174	0.037	0.255	1.215	0.415
<b>Presión (mbar)</b>	-1.778	7.237	2.173	0.461	3.193	15.194	5.187

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 6**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:32:24					16.73	17.10	18.31	16.82	17.98	17.25	17.30
2	17:32:25					16.79	17.07	18.31	16.82	18.00	17.29	17.28
3	17:32:26					16.74	17.09	18.35	16.84	18.04	17.32	17.40
4	17:32:27					16.71	17.08	18.34	16.81	18.02	17.27	17.32
5	17:32:28	0.44	63.85	0.46	0.30	16.70	17.14	18.29	16.80	18.01	17.28	17.35
6	17:32:29					16.78	17.16	18.30	16.79	17.90	17.32	17.31
7	17:32:30					16.75	17.17	18.35	16.85	17.99	17.36	17.35
8	17:32:31					16.74	17.11	18.33	16.81	17.98	17.27	17.30
9	17:32:32					16.71	17.08	18.31	16.81	18.04	17.30	17.36
10	17:32:33					16.70	17.12	18.33	16.82	18.05	17.31	17.37
11	17:32:34					16.82	17.09	18.34	16.85	17.99	17.34	17.33
12	17:32:35					16.75	17.10	18.36	16.85	18.04	17.27	17.31
13	17:32:36					16.68	17.07	18.32	16.79	18.04	17.26	17.37
14	17:32:37					16.69	17.13	18.33	16.82	17.99	17.31	17.34
15	17:32:38	0.44	61.70	0.47	0.29	16.74	17.05	18.30	16.79	18.00	17.27	17.29
16	17:32:39					16.74	17.14	18.32	16.79	17.98	17.28	17.29
17	17:32:40					16.70	17.14	18.28	16.75	18.01	17.27	17.28
<b>Promedio</b>		0.437	63.684	0.465	0.300	16.742	17.091	18.323	16.810	18.004	17.301	17.329
<b>Varianza</b>		0.000	1.119	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.966	0.000	0.005	0.033	0.032	0.019	0.031	0.038	0.033	0.044
<b>C. Variación</b>		0.03%	1.52%	0.03%	1.54%	0.19%	0.19%	0.10%	0.19%	0.21%	0.19%	0.25%

<b>Incremento (mA)</b>	-0.199	0.530	0.076	-0.057	0.168	1.238	0.331
<b>Presión (mbar)</b>	-2.486	6.628	0.950	-0.713	2.096	15.469	4.133

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 7**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:35:04					16.72	17.03	18.25	16.72	17.97	17.28	17.28
2	17:35:05					16.67	17.10	18.26	16.74	18.03	17.31	17.33
3	17:35:06					16.73	17.07	18.29	16.76	17.98	17.30	17.30
4	17:35:07					16.74	17.04	18.28	16.75	17.99	17.31	17.28
5	17:35:08	0.44	65.19	0.47	0.31	16.72	16.98	18.29	16.77	18.04	17.26	17.27
6	17:35:09					16.65	17.06	18.27	16.76	18.02	17.33	17.37
7	17:35:10					16.78	17.01	18.30	16.77	18.00	17.31	17.28
8	17:35:11					16.72	17.00	18.28	16.75	18.01	17.28	17.36
9	17:35:12					16.68	17.02	18.26	16.72	18.03	17.31	17.30
10	17:35:13					16.76	17.06	18.31	16.86	18.07	17.31	17.35
11	17:35:14					16.76	17.02	18.29	16.78	18.00	17.30	17.31
12	17:35:15					16.72	17.08	18.26	16.73	18.01	17.31	17.28
13	17:35:16					16.71	17.07	18.27	16.77	17.97	17.34	17.27
14	17:35:17					16.73	17.03	18.29	16.75	18.00	17.32	17.27
15	17:35:18	0.44	69.55	0.47	0.33	16.69	17.01	18.23	16.70	18.00	17.28	17.27
16	17:35:19					16.73	17.01	18.24	16.72	17.97	17.33	17.27
17	17:35:20					16.74	17.00	18.28	16.79	18.03	17.32	17.30
<b>Promedio</b>		0.440	68.017	0.468	0.318	16.728	17.021	18.279	16.749	18.007	17.296	17.284
<b>Varianza</b>		0.000	3.651	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.744	0.000	0.008	0.033	0.040	0.020	0.034	0.036	0.035	0.043
<b>C. Variación</b>		0.04%	2.56%	0.03%	2.58%	0.20%	0.23%	0.11%	0.20%	0.20%	0.20%	0.25%

<b>Incremento (mA)</b>	-0.212	0.460	0.031	-0.118	0.170	1.233	0.286
<b>Presión (mbar)</b>	-2.651	5.750	0.393	-1.477	2.124	15.410	3.570

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 7**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:36:43					16.59	16.68	17.88	16.33	17.62	17.27	16.91
2	17:36:44					16.54	16.67	17.86	16.38	17.71	17.30	17.12
3	17:36:45					16.53	16.80	17.89	16.46	17.75	17.44	17.16
4	17:36:46					16.54	16.60	17.86	16.40	17.58	17.36	16.98
5	17:36:47	0.47	91.52	0.50	0.40	16.56	16.71	17.94	16.39	17.62	17.36	17.03
6	17:36:48					16.56	16.60	17.90	16.38	17.63	17.38	16.97
7	17:36:49					16.58	16.64	17.89	16.33	17.64	17.35	16.95
8	17:36:50					16.53	16.64	17.86	16.31	17.66	17.41	17.02
9	17:36:51					16.54	16.66	17.87	16.36	17.58	17.37	17.03
10	17:36:52					16.61	16.76	17.95	16.50	17.59	17.33	17.02
11	17:36:53					16.58	16.58	17.92	16.49	17.54	17.36	16.97
12	17:36:54					16.54	16.69	17.87	16.33	17.64	17.37	17.02
13	17:36:55					16.55	16.60	17.83	16.27	17.65	17.32	16.90
14	17:36:56					16.54	16.66	17.85	16.35	17.67	17.41	17.06
15	17:36:57	0.47	90.57	0.50	0.40	16.54	16.64	17.85	16.33	17.65	17.45	17.05
16	17:36:58					16.54	16.66	17.86	16.40	17.62	17.45	17.10
17	17:36:59					16.59	16.75	17.89	16.41	17.60	17.42	17.08
<b>Promedio</b>		0.469	90.714	0.497	0.400	16.555	16.659	17.880	16.370	17.633	17.372	17.008
<b>Varianza</b>		0.000	1.373	0.000	0.000	0.001	0.003	0.001	0.003	0.004	0.002	0.004
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.070	0.000	0.005	0.023	0.055	0.027	0.055	0.063	0.049	0.066
<b>C. Variación</b>		0.10%	1.18%	0.10%	1.25%	0.14%	0.33%	0.15%	0.34%	0.35%	0.28%	0.39%

<b>Incremento (mA)</b>	-0.386	0.098	-0.367	-0.497	-0.204	1.308	0.010
<b>Presión (mbar)</b>	-4.825	1.224	-4.586	-6.213	-2.553	16.353	0.124

APÉNDICE 3.2. Diseño 2 ( $P/H_d = 2.50$ )

VALORES INICIALES												
N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:01:06					16.83	16.48	18.69	16.94	17.24	16.00	16.74
2	11:01:07					16.83	16.50	18.69	16.94	17.23	16.01	16.72
3	11:01:08					16.82	16.50	18.69	16.94	17.24	16.00	16.73
4	11:01:09					16.84	16.48	18.68	16.93	17.23	16.00	16.73
5	11:01:10		0			16.82	16.50	18.69	16.94	17.23	16.00	16.73
6	11:01:11					16.83	16.51	18.69	16.94	17.24	16.01	16.70
7	11:01:12					16.82	16.50	18.68	16.94	17.24	16.00	16.73
8	11:01:13					16.82	16.50	18.69	16.94	17.24	16.00	16.73
9	11:01:14					16.83	16.50	18.68	16.94	17.24	16.01	16.73
10	11:01:15					16.83	16.50	18.69	16.94	17.23	16.01	16.73
11	11:01:16					16.83	16.50	18.68	16.94	17.24	16.00	16.73
12	11:01:17					16.83	16.50	18.69	16.94	17.24	16.01	16.72
13	11:01:18					16.84	16.50	18.69	16.94	17.24	16.00	16.73
14	11:01:19					16.83	16.50	18.69	16.94	17.24	16.00	16.73
15	11:01:20		0			16.82	16.50	18.69	16.94	17.24	16.00	16.73
16	11:01:21					16.82	16.49	18.69	16.93	17.24	16.00	16.74
17	11:01:22					16.82	16.50	18.69	16.94	17.25	16.00	16.72
<b>Promedio</b>			0.000			16.825	16.498	18.687	16.936	17.239	16.004	16.727
<b>Varianza</b>			0.000			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>			0.000			0.004	0.005	0.002	0.003	0.009	0.006	0.006
<b>C. Variación</b>			0.00%			0.03%	0.03%	0.01%	0.02%	0.05%	0.03%	0.03%

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 1**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:11:26					16.97	16.95	18.87	17.26	17.56	16.72	17.56
2	11:11:27					16.97	16.98	18.87	17.26	17.57	16.72	17.57
3	11:11:28					16.97	16.91	18.87	17.25	17.57	16.72	17.58
4	11:11:29					16.97	16.96	18.87	17.26	17.56	16.72	17.59
5	11:11:30	0.35	0.01	0.37	0.06	16.97	16.98	18.87	17.26	17.55	16.71	17.58
6	11:11:31					16.97	16.94	18.87	17.26	17.56	16.72	17.59
7	11:11:32					16.97	16.92	18.87	17.26	17.55	16.73	17.57
8	11:11:33					16.97	16.95	18.87	17.26	17.56	16.71	17.57
9	11:11:34					16.97	16.95	18.87	17.26	17.56	16.72	17.57
10	11:11:35					16.96	16.91	18.87	17.25	17.57	16.72	17.57
11	11:11:36					16.97	16.94	18.87	17.26	17.56	16.72	17.57
12	11:11:37					16.97	16.98	18.87	17.26	17.57	16.71	17.57
13	11:11:38					16.97	16.96	18.87	17.26	17.56	16.72	17.58
14	11:11:39					16.97	16.91	18.87	17.26	17.55	16.72	17.58
15	11:11:40	0.35	0.01	0.37	0.07	16.97	16.98	18.87	17.26	17.55	16.71	17.57
16	11:11:41					16.97	16.94	18.87	17.25	17.57	16.72	17.57
17	11:11:42					16.97	16.92	18.87	17.26	17.57	16.73	17.58
<b>Promedio</b>		0.346	0.011	0.374	0.063	16.968	16.945	18.875	17.258	17.560	16.718	17.575
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.001	0.000	0.003	0.003	0.022	0.004	0.003	0.007	0.005	0.006
<b>C. Variación</b>		0.02%	4.73%	0.02%	4.74%	0.01%	0.13%	0.02%	0.02%	0.04%	0.03%	0.03%

<b>Incremento (mA)</b>	0.143	0.446	0.188	0.322	0.322	0.713	0.848
<b>Presión (mbar)</b>	1.789	5.581	2.348	4.022	4.022	8.916	10.601

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 2**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:18:38					16.94	16.94	18.83	17.26	17.54	17.04	17.69
2	11:18:39					16.93	17.00	18.84	17.29	17.52	17.07	17.69
3	11:18:40					16.89	17.07	18.83	17.29	17.52	17.11	17.71
4	11:18:41					16.89	16.99	18.84	17.20	17.59	17.02	17.71
5	11:18:42	0.41	0.04	0.44	0.19	16.91	16.90	18.84	17.18	17.58	17.03	17.73
6	11:18:43					16.93	16.84	18.84	17.18	17.63	17.01	17.68
7	11:18:44					16.95	16.79	18.84	17.18	17.57	16.99	17.69
8	11:18:45					16.97	16.74	18.84	17.20	17.59	17.00	17.68
9	11:18:46					16.97	16.83	18.84	17.22	17.55	17.01	17.68
10	11:18:47					16.96	17.04	18.84	17.28	17.53	17.06	17.66
11	11:18:48					16.94	16.99	18.84	17.25	17.53	17.01	17.67
12	11:18:49					16.92	17.02	18.84	17.26	17.52	17.07	17.68
13	11:18:50					16.94	16.96	18.84	17.27	17.50	17.08	17.68
14	11:18:51					16.94	17.02	18.83	17.28	17.49	17.06	17.68
15	11:18:52	0.41	0.04	0.44	0.19	16.93	17.00	18.83	17.29	17.53	17.10	17.67
16	11:18:53					16.93	17.07	18.84	17.27	17.54	17.09	17.70
17	11:18:54					16.94	17.08	18.83	17.26	17.50	17.09	17.68
<b>Promedio</b>		0.409	0.038	0.437	0.191	16.924	16.941	18.836	17.221	17.570	17.044	17.702
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.009	0.000	0.001	0.002	0.002	0.001
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.001	0.000	0.005	0.025	0.096	0.005	0.037	0.039	0.039	0.029
<b>C. Variación</b>		0.04%	2.60%	0.03%	2.59%	0.15%	0.57%	0.03%	0.22%	0.22%	0.23%	0.16%

<b>Incremento (mA)</b>	0.099	0.443	0.149	0.285	0.332	1.039	0.975
<b>Presión (mbar)</b>	1.235	5.538	1.864	3.563	4.145	12.993	12.192

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 3**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:23:27					16.83	16.83	18.61	17.03	17.53	17.20	17.59
2	11:23:28					16.83	16.82	18.63	17.08	17.49	17.20	17.58
3	11:23:29					16.90	16.81	18.61	17.04	17.44	17.19	17.56
4	11:23:30					16.92	16.59	18.64	17.00	17.53	17.13	17.56
5	11:23:31	0.45	0.06	0.48	0.28	16.92	16.59	18.64	16.99	17.52	17.10	17.58
6	11:23:32					16.93	16.59	18.63	16.94	17.56	17.03	17.58
7	11:23:33					16.83	16.78	18.64	17.00	17.54	17.11	17.57
8	11:23:34					16.82	16.87	18.62	17.02	17.47	17.20	17.56
9	11:23:35					16.83	16.79	18.63	17.03	17.49	17.16	17.55
10	11:23:36					16.86	16.79	18.61	17.04	17.49	17.22	17.58
11	11:23:37					16.89	16.71	18.65	17.06	17.49	17.19	17.58
12	11:23:38					16.93	16.63	18.62	17.05	17.46	17.11	17.56
13	11:23:39					16.93	16.56	18.64	16.98	17.51	17.09	17.57
14	11:23:40					16.86	16.64	18.64	16.97	17.57	17.12	17.63
15	11:23:41	0.45	0.06	0.48	0.29	16.85	16.77	18.63	17.02	17.56	17.14	17.62
16	11:23:42					16.81	16.83	18.62	17.05	17.45	17.18	17.56
17	11:23:43					16.82	16.80	18.62	17.03	17.47	17.20	17.61
<b>Promedio</b>		0.450	0.063	0.478	0.287	16.870	16.722	18.630	17.025	17.516	17.138	17.592
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.009	0.000	0.002	0.002	0.005	0.001
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.001	0.000	0.006	0.042	0.096	0.011	0.039	0.043	0.068	0.036
<b>C. Variación</b>		0.08%	2.01%	0.08%	2.04%	0.25%	0.58%	0.06%	0.23%	0.25%	0.40%	0.21%
<b>Incremento (mA)</b>						0.045	0.224	-0.057	0.089	0.278	1.133	0.865
<b>Presión (mbar)</b>						0.563	2.794	-0.712	1.115	3.472	14.167	10.810

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 4**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:28:57					16.69	16.59	18.44	16.74	17.21	17.12	17.39
2	11:28:58					16.84	16.40	18.42	16.74	17.23	17.16	17.38
3	11:28:59					16.68	16.67	18.41	16.76	17.20	17.17	17.42
4	11:29:00					16.80	16.49	18.42	16.75	17.22	17.07	17.39
5	11:29:01	0.48	0.08	0.50	0.37	16.77	16.47	18.38	16.76	17.20	17.19	17.42
6	11:29:02					16.70	16.65	18.42	16.75	17.24	17.19	17.40
7	11:29:03					16.77	16.43	18.43	16.77	17.21	17.16	17.40
8	11:29:04					16.72	16.69	18.44	16.80	17.18	17.24	17.39
9	11:29:05					16.82	16.46	18.44	16.72	17.27	17.07	17.39
10	11:29:06					16.73	16.64	18.40	16.75	17.18	17.18	17.36
11	11:29:07					16.81	16.50	18.43	16.74	17.26	17.11	17.40
12	11:29:08					16.74	16.62	18.41	16.82	17.16	17.20	17.37
13	11:29:09					16.74	16.47	18.45	16.73	17.21	17.15	17.43
14	11:29:10					16.72	16.64	18.42	16.75	17.16	17.20	17.42
15	11:29:11	0.47	0.08	0.50	0.37	16.73	16.52	18.42	16.69	17.27	17.05	17.41
16	11:29:12					16.76	16.69	18.49	16.83	17.15	17.19	17.32
17	11:29:13					16.74	16.60	18.46	16.66	17.14	17.13	17.30
<b>Promedio</b>		0.475	0.080	0.503	0.346	16.745	16.601	18.446	16.748	17.181	17.144	17.358
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.001	0.004	0.003	0.005	0.002
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.004	0.000	0.016	0.037	0.084	0.037	0.065	0.055	0.067	0.046
<b>C. Variación</b>		0.08%	4.62%	0.07%	4.68%	0.22%	0.51%	0.20%	0.39%	0.32%	0.39%	0.27%
<b>Incremento (mA)</b>						-0.080	0.103	-0.241	-0.188	-0.058	1.140	0.631
<b>Presión (mbar)</b>						-0.998	1.292	-3.011	-2.353	-0.723	14.245	7.890

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 5**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:32:17					16.75	16.52	18.36	16.60	17.01	17.10	17.21
2	11:32:18					16.62	16.76	18.42	16.67	17.01	17.20	17.25
3	11:32:19					16.67	16.63	18.38	16.58	17.09	17.12	17.25
4	11:32:20					16.68	16.54	18.35	16.55	17.09	17.08	17.27
5	11:32:21	0.48	0.09	0.51	0.37	16.75	16.49	18.40	16.70	16.99	17.18	17.21
6	11:32:22					16.71	16.65	18.41	16.63	17.06	17.10	17.25
7	11:32:23					16.66	16.69	18.37	16.71	17.04	17.22	17.24
8	11:32:24					16.71	16.57	18.35	16.67	17.04	17.16	17.34
9	11:32:25					16.64	16.46	18.31	16.57	17.17	17.09	17.35
10	11:32:26					16.69	16.44	18.40	16.66	17.11	17.14	17.30
11	11:32:27					16.73	16.37	18.40	16.59	17.08	17.10	17.24
12	11:32:28					16.68	16.68	18.43	16.72	17.01	17.18	17.23
13	11:32:29					16.70	16.59	18.40	16.63	17.01	17.18	17.27
14	11:32:30					16.70	16.49	18.40	16.54	17.09	17.01	17.30
15	11:32:31	0.48	0.09	0.51	0.39	16.73	16.49	18.37	16.62	17.04	17.11	17.22
16	11:32:32					16.73	16.56	18.41	16.72	17.04	17.21	17.24
17	11:32:33					16.64	16.70	18.40	16.66	17.10	17.11	17.27
<b>Promedio</b>		0.481	0.087	0.509	0.373	16.711	16.551	18.392	16.664	17.075	17.146	17.288
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.011	0.001	0.005	0.004	0.004	0.002
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.003	0.000	0.015	0.044	0.106	0.036	0.068	0.059	0.059	0.049
<b>C. Variación</b>		0.10%	3.93%	0.10%	3.98%	0.26%	0.64%	0.19%	0.41%	0.35%	0.34%	0.28%
<b>Incremento (mA)</b>						-0.114	0.053	-0.295	-0.272	-0.164	1.141	0.560
<b>Presión (mbar)</b>						-1.423	0.660	-3.692	-3.402	-2.050	14.265	7.005

APÉNDICE 3.3. Diseño 3 ( $P/H_d = 2.00$ )

VALORES INICIALES												
N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:23:46					17.11	16.94	18.30	17.06	18.94	16.13	16.91
2	10:23:47					17.09	16.94	18.30	17.06	18.95	16.13	16.93
3	10:23:48					17.11	16.94	18.30	17.07	18.94	16.14	16.91
4	10:23:49					17.12	16.94	18.30	17.06	18.93	16.13	16.92
5	10:23:50		0			17.12	16.94	18.31	17.09	18.92	16.14	16.95
6	10:23:51					17.12	16.94	18.31	17.07	18.93	16.13	16.91
7	10:23:52					17.11	16.92	18.31	17.18	18.98	16.12	17.08
8	10:23:53					17.01	16.94	18.31	17.07	18.96	16.14	16.90
9	10:23:54					17.12	16.94	18.31	17.06	18.93	16.13	16.91
10	10:23:55					17.11	16.94	18.31	17.06	18.93	16.13	16.91
11	10:23:56					17.11	16.94	18.31	17.07	18.93	16.13	16.91
12	10:23:57					17.11	16.94	18.31	17.06	18.93	16.14	16.91
13	10:23:58					17.11	16.94	18.31	17.06	18.93	16.13	16.92
14	10:23:59					17.11	16.94	18.31	17.06	18.93	16.13	16.92
15	10:24:00		0			17.11	16.94	18.32	17.07	18.92	16.13	16.91
16	10:24:01					17.11	16.94	18.32	17.06	18.92	16.13	16.91
17	10:24:02					17.11	16.94	18.32	17.07	18.92	16.13	16.91
<b>Promedio</b>			0.000			17.106	16.937	18.310	17.072	18.933	16.132	16.923
<b>Varianza</b>			0.000			0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
<b>D. Estándar</b>			0.000			0.024	0.004	0.005	0.026	0.014	0.004	0.037
<b>C. Variación</b>			0.00%			0.14%	0.03%	0.03%	0.15%	0.07%	0.03%	0.22%

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 1**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:30:17					17.26	17.40	18.72	17.52	19.13	16.87	17.63
2	10:30:18					17.22	17.38	18.71	17.53	19.17	16.89	17.62
3	10:30:19					17.22	17.40	18.72	17.50	19.19	16.87	17.62
4	10:30:20					17.23	17.38	18.72	17.45	19.14	16.86	17.62
5	10:30:21	0.29	15.75	0.32	0.11	17.21	17.39	18.71	17.51	19.15	16.86	17.60
6	10:30:22					17.26	17.38	18.71	17.51	19.14	16.91	17.60
7	10:30:23					17.26	17.40	18.71	17.48	19.16	16.90	17.65
8	10:30:24					17.26	17.38	18.72	17.53	19.14	16.86	17.63
9	10:30:25					17.23	17.37	18.72	17.54	19.18	16.86	17.63
10	10:30:26					17.21	17.37	18.71	17.48	19.19	16.86	17.60
11	10:30:27					17.26	17.40	18.71	17.47	19.17	16.88	17.60
12	10:30:28					17.25	17.39	18.71	17.50	19.14	16.91	17.63
13	10:30:29					17.26	17.36	18.71	17.52	19.12	16.88	17.61
14	10:30:30					17.25	17.38	18.72	17.55	19.19	16.88	17.62
15	10:30:31	0.30	16.17	0.33	0.11	17.22	17.39	18.72	17.48	19.17	16.86	17.62
16	10:30:32					17.24	17.38	18.71	17.49	19.13	16.86	17.62
17	10:30:33					17.22	17.37	18.71	17.52	19.14	16.86	17.60
<b>Promedio</b>		0.295	15.693	0.323	0.106	17.238	17.390	18.721	17.499	19.143	16.874	17.647
<b>Varianza</b>		0.000	1.214	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
<b>D. Estándar</b>		0.003	1.006	0.003	0.007	0.016	0.014	0.007	0.027	0.023	0.022	0.031
<b>C. Variación</b>		1.04%	6.41%	0.95%	6.69%	0.09%	0.08%	0.04%	0.16%	0.12%	0.13%	0.17%

<b>Incremento (mA)</b>	0.133	0.453	0.410	0.428	0.210	0.743	0.724
<b>Presión (mbar)</b>	1.656	5.660	5.127	5.347	2.622	9.284	9.046

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 2**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:35:44					17.20	17.66	18.69	17.54	18.99	17.14	17.83
2	10:35:45					17.21	17.66	18.69	17.53	19.02	17.14	17.84
3	10:35:46					17.20	17.63	18.67	17.57	19.00	17.13	17.85
4	10:35:47					17.20	17.63	18.66	17.50	18.96	17.13	17.85
5	10:35:48	0.35	39.48	0.38	0.23	17.21	17.62	18.66	17.52	18.98	17.15	17.87
6	10:35:49					17.22	17.60	18.66	17.46	19.03	17.13	17.87
7	10:35:50					17.23	17.58	18.67	17.38	19.07	17.14	17.88
8	10:35:51					17.22	17.58	18.67	17.37	19.09	17.14	17.86
9	10:35:52					17.21	17.59	18.66	17.38	19.11	17.14	17.88
10	10:35:53					17.21	17.60	18.66	17.37	19.10	17.15	17.88
11	10:35:54					17.20	17.59	18.67	17.39	19.08	17.13	17.90
12	10:35:55					17.19	17.59	18.67	17.38	19.10	17.11	17.86
13	10:35:56					17.24	17.59	18.66	17.47	19.08	17.12	17.88
14	10:35:57					17.23	17.61	18.66	17.44	19.07	17.11	17.87
15	10:35:58	0.35	38.85	0.38	0.23	17.20	17.60	18.66	17.38	19.08	17.11	17.86
16	10:35:59					17.19	17.59	18.66	17.38	19.05	17.12	17.85
17	10:36:00					17.21	17.57	18.66	17.39	19.09	17.16	17.88
<b>Promedio</b>		0.349	40.699	0.377	0.236	17.214	17.611	18.670	17.457	19.035	17.130	17.865
<b>Varianza</b>		0.000	2.061	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.311	0.000	0.008	0.012	0.027	0.010	0.071	0.045	0.020	0.020
<b>C. Variación</b>		0.07%	3.22%	0.06%	3.20%	0.07%	0.15%	0.05%	0.41%	0.24%	0.12%	0.11%

<b>Incremento (mA)</b>	0.108	0.674	0.359	0.385	0.102	0.998	0.942
<b>Presión (mbar)</b>	1.347	8.425	4.490	4.812	1.270	12.476	11.770

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 3**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:41:13					17.13	17.35	18.45	17.16	18.94	17.34	17.93
2	10:41:14					17.09	17.38	18.44	17.20	18.78	17.25	17.85
3	10:41:15					17.12	17.27	18.41	17.11	18.79	17.30	17.88
4	10:41:16					17.14	17.43	18.43	17.32	18.91	17.32	17.89
5	10:41:17	0.39	67.67	0.42	0.35	17.11	17.30	18.42	17.24	18.87	17.31	17.89
6	10:41:18					17.12	17.36	18.45	17.23	18.81	17.38	17.94
7	10:41:19					17.12	17.45	18.46	17.39	18.70	17.27	17.84
8	10:41:20					17.12	17.43	18.47	17.31	18.89	17.36	17.91
9	10:41:21					17.12	17.43	18.45	17.30	18.66	17.30	17.89
10	10:41:22					17.16	17.31	18.44	17.15	18.78	17.34	17.84
11	10:41:23					17.15	17.48	18.43	17.28	18.70	17.30	17.86
12	10:41:24					17.09	17.37	18.44	17.26	18.86	17.32	17.88
13	10:41:25					17.15	17.33	18.44	17.37	18.87	17.28	17.87
14	10:41:26					17.11	17.30	18.44	17.16	18.63	17.28	17.77
15	10:41:27	0.39	68.13	0.42	0.36	17.16	17.43	18.45	17.22	18.89	17.35	17.79
16	10:41:28					17.10	17.46	18.43	17.29	18.76	17.26	17.90
17	10:41:29					17.11	17.33	18.45	17.17	18.85	17.27	17.88
<b>Promedio</b>		0.390	68.006	0.418	0.356	17.127	17.379	18.447	17.253	18.776	17.328	17.870
<b>Varianza</b>		0.000	1.857	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.006	0.009	0.002	0.001
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.244	0.000	0.007	0.022	0.061	0.014	0.079	0.092	0.041	0.038
<b>C. Variación</b>		0.02%	1.83%	0.02%	1.84%	0.13%	0.35%	0.08%	0.46%	0.49%	0.24%	0.21%
<b>Incremento (mA)</b>						0.021	0.442	0.136	0.181	-0.158	1.196	0.947
<b>Presión (mbar)</b>						0.265	5.523	1.701	2.266	-1.974	14.950	11.839

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 4**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:54:20					17.26	17.66	18.98	17.50	18.85	16.93	17.66
2	10:54:21					17.31	17.69	18.98	17.52	18.82	16.86	17.75
3	10:54:22					17.30	17.70	18.99	17.50	18.87	16.86	17.74
4	10:54:23					17.28	17.68	18.99	17.51	18.87	16.82	17.74
5	10:54:24	0.30	17.20	0.33	0.12	17.27	17.68	18.99	17.48	18.88	16.83	17.74
6	10:54:25					17.26	17.66	18.98	17.53	18.87	16.84	17.74
7	10:54:26					17.26	17.65	18.98	17.54	18.86	16.84	17.69
8	10:54:27					17.28	17.71	18.98	17.53	18.82	16.85	17.68
9	10:54:28					17.31	17.72	18.98	17.48	18.81	16.87	17.68
10	10:54:29					17.30	17.71	18.98	17.45	18.83	16.88	17.70
11	10:54:30					17.30	17.69	18.99	17.49	18.87	16.88	17.71
12	10:54:31								17.51	18.88	16.87	17.73
13	10:54:32					17.29	17.67	18.99	17.55	18.88	16.87	17.74
14	10:54:33					17.29	17.67	18.99	17.55	18.83	16.84	17.74
15	10:54:34	0.30	17.49	0.33	0.12	17.28	17.69	18.99	17.54	18.84	16.81	17.73
16	10:54:35					17.27	17.70	18.99	17.51	18.84	16.82	17.75
17	10:54:36					17.27	17.68	18.98	17.47	18.85	16.82	17.73
<b>Promedio</b>		0.299	16.514	0.327	0.111	17.283	17.684	18.987	17.498	18.846	16.854	17.724
<b>Varianza</b>		0.000	1.448	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.099	0.000	0.007	0.017	0.019	0.005	0.026	0.022	0.031	0.028
<b>C. Variación</b>		0.01%	6.65%	0.01%	6.65%	0.10%	0.11%	0.02%	0.15%	0.12%	0.18%	0.16%
<b>Incremento (mA)</b>						0.177	0.747	0.676	0.426	-0.088	0.722	0.801
<b>Presión (mbar)</b>						2.215	9.343	8.456	5.328	-1.099	9.026	10.009

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 5**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:56:28					17.27	17.68	18.97	17.59	18.81	16.99	17.83
2	10:56:29					17.28	17.67	18.96	17.58	18.81	17.00	17.83
3	10:56:30					17.29	17.66	18.97	17.54	18.82	16.97	17.81
4	10:56:31					17.28	17.65	18.97	17.59	18.85	16.97	17.79
5	10:56:32	0.32	25.23	0.35	0.16	17.27	17.64	18.97	17.61	18.85	16.99	17.80
6	10:56:33					17.28	17.66	18.96	17.56	18.85	16.98	17.78
7	10:56:34					17.27	17.65	18.96	17.42	18.89	17.00	17.79
8	10:56:35					17.29	17.69	18.96	17.36	18.90	17.01	17.83
9	10:56:36					17.28	17.72	18.97	17.41	18.84	16.99	17.82
10	10:56:37					17.28	17.66	18.97	17.61	18.84	16.96	17.79
11	10:56:38					17.28	17.63	18.96	17.53	18.88	16.99	17.79
12	10:56:39					17.29	17.69	18.96	17.36	18.89	17.00	17.82
13	10:56:40					17.26	17.71	18.96	17.41	18.87	17.00	17.82
14	10:56:41					17.29	17.70	18.96	17.59	18.81	17.00	17.84
15	10:56:42	0.32	25.08	0.35	0.16	17.30	17.64	18.97	17.61	18.85	16.97	17.81
16	10:56:43					17.27	17.63	18.97	17.54	18.90	16.98	17.80
17	10:56:44					17.28	17.66	18.96	17.42	18.92	16.97	17.77
<b>Promedio</b>		0.323	25.785	0.351	0.161	17.277	17.676	18.965	17.492	18.856	16.985	17.806
<b>Varianza</b>		0.000	3.450	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.010	0.002	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.696	0.000	0.011	0.010	0.036	0.004	0.100	0.039	0.012	0.018
<b>C. Variación</b>		0.11%	6.58%	0.10%	6.63%	0.06%	0.20%	0.02%	0.57%	0.21%	0.07%	0.10%
<b>Incremento (mA)</b>						0.171	0.740	0.655	0.420	-0.078	0.853	0.883
<b>Presión (mbar)</b>						2.132	9.245	8.185	5.255	-0.972	10.661	11.039

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 6**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:58:37					17.29	17.58	18.87	17.29	18.85	17.16	17.82
2	10:58:38					17.27	17.64	18.86	17.54	18.72	17.12	17.85
3	10:58:39					17.23	17.57	18.86	17.51	18.83	17.15	17.88
4	10:58:40					17.25	17.60	18.86	17.38	18.80	17.19	17.89
5	10:58:41	0.35	40.55	0.38	0.24	17.28	17.59	18.89	17.56	18.76	17.13	17.87
6	10:58:42					17.23	17.57	18.85	17.48	18.83	17.14	17.87
7	10:58:43					17.24	17.61	18.87	17.31	18.83	17.13	17.86
8	10:58:44					17.25	17.62	18.87	17.53	18.74	17.13	17.84
9	10:58:45					17.25	17.57	18.86	17.43	18.85	17.15	17.89
10	10:58:46					17.23	17.63	18.86	17.36	18.79	17.15	17.88
11	10:58:47					17.25	17.61	18.88	17.50	18.75	17.12	17.86
12	10:58:48					17.23	17.58	18.87	17.41	18.84	17.14	17.84
13	10:58:49					17.25	17.64	18.86	17.37	18.81	17.15	17.89
14	10:58:50					17.26	17.64	18.87	17.58	18.75	17.13	17.89
15	10:58:51	0.35	40.38	0.38	0.23	17.23	17.58	18.85	17.37	18.84	17.16	17.87
16	10:58:52					17.27	17.63	18.87	17.44	18.77	17.15	17.90
17	10:58:53					17.25	17.58	18.88	17.56	18.81	17.12	17.84
<b>Promedio</b>		0.349	40.642	0.377	0.236	17.246	17.602	18.868	17.449	18.795	17.138	17.873
<b>Varianza</b>		0.000	1.787	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.007	0.001	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.220	0.000	0.007	0.015	0.026	0.009	0.081	0.038	0.017	0.021
<b>C. Variación</b>		0.08%	3.00%	0.07%	3.04%	0.09%	0.15%	0.05%	0.46%	0.20%	0.10%	0.11%
<b>Incremento (mA)</b>						0.140	0.665	0.558	0.377	-0.139	1.007	0.950
<b>Presión (mbar)</b>						1.750	8.313	6.972	4.710	-1.735	12.583	11.875

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 7**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:00:56					17.22	17.56	18.74	17.48	18.64	17.22	17.92
2	11:00:57					17.20	17.49	18.76	17.25	18.62	17.28	17.95
3	11:00:58					17.20	17.43	18.79	17.34	18.76	17.26	17.92
4	11:00:59					17.19	17.57	18.76	17.42	18.59	17.21	17.85
5	11:01:00	0.37	52.65	0.40	0.29	17.17	17.44	18.73	17.26	18.67	17.28	17.91
6	11:01:01					17.20	17.51	18.77	17.58	18.75	17.25	17.91
7	11:01:02					17.22	17.60	18.76	17.35	18.59	17.25	17.90
8	11:01:03					17.20	17.48	18.75	17.28	18.63	17.23	17.90
9	11:01:04					17.18	17.50	18.76	17.29	18.79	17.26	17.95
10	11:01:05					17.19	17.60	18.76	17.50	18.61	17.23	17.88
11	11:01:06					17.20	17.54	18.73	17.29	18.62	17.26	17.86
12	11:01:07					17.20	17.44	18.75	17.33	18.77	17.26	17.91
13	11:01:08					17.20	17.54	18.74	17.49	18.73	17.21	17.89
14	11:01:09					17.19	17.52	18.75	17.35	18.56	17.20	17.90
15	11:01:10	0.37	52.98	0.40	0.29	17.17	17.44	18.74	17.22	18.70	17.22	17.93
16	11:01:11					17.19	17.40	18.75	17.31	18.77	17.23	17.89
17	11:01:12					17.19	17.54	18.74	17.51	18.63	17.23	17.87
<b>Promedio</b>		0.371	52.804	0.399	0.290	17.197	17.501	18.755	17.377	18.679	17.242	17.908
<b>Varianza</b>		0.000	1.835	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.012	0.004	0.000	0.001
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.237	0.000	0.007	0.014	0.051	0.015	0.108	0.061	0.022	0.024
<b>C. Variación</b>		0.07%	2.34%	0.06%	2.32%	0.08%	0.29%	0.08%	0.62%	0.33%	0.13%	0.13%
<b>Incremento (mA)</b>						0.091	0.564	0.445	0.306	-0.254	1.111	0.985
<b>Presión (mbar)</b>						1.143	7.051	5.561	3.822	-3.176	13.884	12.317

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 7**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:02:46					17.12	17.25	18.56	17.17	18.66	17.34	17.92
2	11:02:47					17.13	17.31	18.57	17.35	18.57	17.33	17.92
3	11:02:48					17.14	17.34	18.57	17.34	18.50	17.28	17.90
4	11:02:49					17.08	17.27	18.55	17.17	18.53	17.32	17.89
5	11:02:50	0.39	72.29	0.42	0.38	17.10	17.25	18.56	17.13	18.63	17.31	17.91
6	11:02:51					17.17	17.30	18.57	17.23	18.65	17.29	17.88
7	11:02:52					17.12	17.32	18.56	17.38	18.62	17.35	17.87
8	11:02:53					17.13	17.32	18.55	17.39	18.46	17.33	17.89
9	11:02:54					17.14	17.32	18.57	17.25	18.46	17.32	17.87
10	11:02:55					17.13	17.30	18.58	17.10	18.57	17.34	17.90
11	11:02:56					17.12	17.29	18.59	17.25	18.66	17.32	17.91
12	11:02:57					17.14	17.36	18.57	17.35	18.54	17.32	17.90
13	11:02:58					17.14	17.47	18.58	17.35	18.47	17.32	17.89
14	11:02:59					17.15	17.37	18.60	17.15	18.57	17.29	17.92
15	11:03:00	0.39	69.58	0.42	0.36	17.08	17.25	18.56	17.03	18.64	17.31	17.90
16	11:03:01					17.10	17.33	18.56	17.04	18.71	17.32	17.92
17	11:03:02					17.13	17.34	18.56	17.16	18.64	17.34	17.88
<b>Promedio</b>		0.393	70.073	0.421	0.364	17.125	17.332	18.574	17.225	18.548	17.324	17.888
<b>Varianza</b>		0.000	1.933	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.014	0.007	0.001	0.001
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.269	0.000	0.007	0.025	0.045	0.015	0.119	0.081	0.025	0.031
<b>C. Variación</b>		0.08%	1.81%	0.07%	1.80%	0.15%	0.26%	0.08%	0.69%	0.44%	0.15%	0.18%
<b>Incremento (mA)</b>						0.019	0.395	0.264	0.153	-0.385	1.193	0.965
<b>Presión (mbar)</b>						0.243	4.939	3.297	1.913	-4.812	14.906	12.062

APÉNDICE 3.4. Diseño 4 ( $P/H_d = 1.50$ )

VALORES INICIALES												
N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	16:40:13					16.93	16.49	18.25	16.28	16.99	15.50	16.38
2	16:40:14					16.93	16.49	18.24	16.29	16.99	15.50	16.38
3	16:40:15					16.94	16.49	18.25	16.29	16.99	15.50	16.38
4	16:40:16					16.93	16.49	18.25	16.28	16.99	15.50	16.38
5	16:40:17		0			16.94	16.49	18.24	16.29	16.99	15.50	16.38
6	16:40:18					16.94	16.49	18.25	16.29	17.00	15.50	16.38
7	16:40:19					16.93	16.49	18.25	16.29	17.00	15.50	16.38
8	16:40:20					16.94	16.49	18.25	16.29	16.99	15.50	16.38
9	16:40:21					16.93	16.49	18.25	16.28	17.00	15.50	16.38
10	16:40:22					16.93	16.49	18.25	16.29	16.99	15.50	16.38
11	16:40:23					16.93	16.49	18.25	16.28	17.00	15.50	16.38
12	16:40:24					16.93	16.49	18.25	16.29	17.00	15.50	16.38
13	16:40:25					16.94	16.49	18.25	16.29	17.00	15.50	16.38
14	16:40:26					16.94	16.49	18.25	16.29	16.99	15.50	16.38
15	16:40:27		0			16.93	16.49	18.24	16.29	17.00	15.50	16.38
16	16:40:28					16.94	16.49	18.25	16.29	17.00	15.50	16.38
17	16:40:29					16.93	16.49	18.25	16.28	17.00	15.50	16.38
<b>Promedio</b>			0.000			16.933	16.490	18.252	16.283	16.995	15.501	16.378
<b>Varianza</b>			0.000			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>			0.000			0.019	0.007	0.005	0.015	0.008	0.012	0.008
<b>C. Variación</b>			0.00%			0.11%	0.04%	0.03%	0.09%	0.05%	0.07%	0.05%

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 1**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	16:46:31					17.01	16.93	18.49	16.72	17.47	16.32	16.97
2	16:46:32					17.02	16.93	18.49	16.73	17.46	16.31	16.97
3	16:46:33					17.01	16.93	18.49	16.72	17.47	16.32	16.96
4	16:46:34					17.02	16.93	18.49	16.72	17.47	16.32	16.97
5	16:46:35	0.28	16.81	0.30	0.12	17.01	16.92	18.49	16.72	17.47	16.32	16.97
6	16:46:36					17.02	16.94	18.49	16.72	17.48	16.33	16.96
7	16:46:37					17.01	16.94	18.49	16.71	17.45	16.33	16.97
8	16:46:38					17.02	16.92	18.49	16.73	17.46	16.32	16.97
9	16:46:39					17.02	16.93	18.49	16.73	17.45	16.32	16.96
10	16:46:40					17.01	16.93	18.49	16.71	17.46	16.31	16.98
11	16:46:41					17.01	16.93	18.49	16.72	17.47	16.33	16.98
12	16:46:42					17.02	16.93	18.49	16.71	17.45	16.33	16.96
13	16:46:43					17.01	16.93	18.49	16.73	17.46	16.32	16.96
14	16:46:44					17.02	16.93	18.49	16.72	17.47	16.32	16.96
15	16:46:45	0.28	16.03	0.30	0.12	17.00	16.92	18.49	16.71	17.47	16.32	16.96
16	16:46:46					17.02	16.94	18.48	16.72	17.46	16.33	16.98
17	16:46:47					17.00	16.94	18.49	16.70	17.47	16.32	16.97
<b>Promedio</b>		0.276	15.430	0.304	0.111	17.014	16.931	18.487	16.722	17.468	16.323	16.965
<b>Varianza</b>		0.000	1.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.055	0.000	0.008	0.007	0.007	0.003	0.008	0.008	0.008	0.007
<b>C. Variación</b>		0.05%	6.84%	0.04%	6.86%	0.04%	0.04%	0.02%	0.05%	0.05%	0.05%	0.04%

<b>Incremento (mA)</b>	0.080	0.441	0.235	0.439	0.473	0.822	0.586
<b>Presión (mbar)</b>	1.002	5.509	2.934	5.494	5.914	10.272	7.330

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 2**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	16:53:12					17.02	16.92	18.40	16.78	17.32	16.26	16.72
2	16:53:13					17.03	16.92	18.45	16.75	17.46	16.29	16.93
3	16:53:14					16.95	16.92	18.45	16.71	17.54	16.28	16.92
4	16:53:15					17.00	16.93	18.45	16.73	17.50	16.30	16.93
5	16:53:16	0.27	14.02	0.30	0.10	17.02	16.93	18.44	16.74	17.47	16.27	16.94
6	16:53:17					17.06	16.92	18.44	16.73	17.51	16.28	16.90
7	16:53:18					16.96	16.91	18.48	16.75	17.54	16.29	16.93
8	16:53:19					17.05	16.91	18.45	16.75	17.45	16.28	16.93
9	16:53:20					17.00	16.91	18.45	16.73	17.36	16.31	17.00
10	16:53:21					17.11	16.86	18.46	16.59	17.61	16.34	16.76
11	16:53:22					17.07	16.98	18.45	16.75	17.34	16.28	16.92
12	16:53:23					17.02	16.92	18.45	16.74	17.46	16.28	16.93
13	16:53:24					17.05	16.93	18.45	16.74	17.67	16.28	16.91
14	16:53:25					17.02	16.92	18.46	16.75	17.47	16.28	16.92
15	16:53:26	0.27	14.22	0.30	0.10	16.92	16.92	18.46	16.73	17.50	16.24	16.94
16	16:53:27					17.02	16.92	18.46	16.72	17.48	16.28	16.91
17	16:53:28					17.00	16.92	18.46	16.73	17.46	16.30	16.92
<b>Promedio</b>		0.271	14.354	0.299	0.105	17.020	16.923	18.462	16.728	17.462	16.286	16.912
<b>Varianza</b>		0.000	0.245	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.452	0.000	0.003	0.027	0.016	0.012	0.022	0.057	0.016	0.037
<b>C. Variación</b>		0.03%	3.15%	0.03%	3.14%	0.16%	0.09%	0.07%	0.13%	0.33%	0.10%	0.22%

<b>Incremento (mA)</b>	0.087	0.433	0.210	0.446	0.468	0.785	0.534
<b>Presión (mbar)</b>	1.083	5.409	2.620	5.570	5.844	9.810	6.670

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 3**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	16:55:28					17.03	17.00	18.46	16.74	17.44	16.44	16.98
2	16:55:29					16.99	17.00	18.47	16.76	17.45	16.44	16.99
3	16:55:30					17.03	17.00	18.47	16.76	17.45	16.46	17.00
4	16:55:31					16.99	17.01	18.44	16.74	17.49	16.45	17.01
5	16:55:32	0.31	30.88	0.34	0.20	17.01	17.00	18.48	16.77	17.46	16.46	16.98
6	16:55:33					17.02	17.01	18.48	16.75	17.47	16.45	17.01
7	16:55:34					16.97	16.99	18.46	16.75	17.49	16.45	17.03
8	16:55:35					17.02	16.99	18.44	16.75	17.47	16.46	17.01
9	16:55:36					17.00	16.99	18.47	16.77	17.47	16.48	17.00
10	16:55:37					17.03	17.02	18.48	16.79	17.45	16.50	17.02
11	16:55:38					17.01	17.01	18.48	16.76	17.46	16.43	16.99
12	16:55:39					17.00	17.00	18.46	16.76	17.44	16.46	16.99
13	16:55:40					17.02	16.99	18.46	16.75	17.46	16.45	16.98
14	16:55:41					17.01	17.00	18.45	16.76	17.47	16.44	17.02
15	16:55:42	0.31	29.79	0.34	0.19	17.03	17.01	18.46	16.75	17.44	16.45	16.98
16	16:55:43					17.00	16.98	18.46	16.77	17.47	16.46	17.01
17	16:55:44					17.02	16.99	18.46	16.78	17.45	16.46	17.03
<b>Promedio</b>		0.309	31.249	0.337	0.203	17.015	16.993	18.459	16.764	17.460	16.461	17.009
<b>Varianza</b>		0.000	0.962	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.895	0.000	0.006	0.014	0.012	0.008	0.012	0.014	0.014	0.015
<b>C. Variación</b>		0.02%	2.87%	0.02%	2.88%	0.08%	0.07%	0.05%	0.07%	0.08%	0.09%	0.09%
<b>Incremento (mA)</b>						0.082	0.503	0.207	0.481	0.466	0.960	0.631
<b>Presión (mbar)</b>						1.019	6.284	2.593	6.011	5.820	12.004	7.890

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 4**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:04:07					16.92	17.01	18.36	16.69	17.32	16.63	16.98
2	17:04:08					16.96	17.05	18.33	16.61	17.31	16.50	16.93
3	17:04:09					16.95	17.02	18.29	16.59	17.33	16.59	16.93
4	17:04:10					16.91	17.01	18.30	16.66	17.33	16.61	16.95
5	17:04:11	0.35	53.25	0.38	0.31	16.89	17.03	18.36	16.66	17.36	16.61	17.01
6	17:04:12					16.95	16.99	18.29	16.60	17.36	16.56	16.97
7	17:04:13					16.96	16.96	18.24	16.60	17.35	16.54	16.99
8	17:04:14					16.93	17.02	18.34	16.64	17.32	16.59	16.97
9	17:04:15					16.90	17.05	18.34	16.66	17.31	16.60	16.96
10	17:04:16					16.91	17.00	18.25	16.56	17.33	16.51	16.96
11	17:04:17					16.95	17.02	18.23	16.59	17.34	16.54	16.97
12	17:04:18					16.96	17.03	18.35	16.65	17.28	16.60	16.95
13	17:04:19					16.94	17.06	18.34	16.61	17.35	16.51	16.92
14	17:04:20					16.95	16.95	18.24	16.60	17.36	16.55	16.96
15	17:04:21	0.35	52.00	0.38	0.30	16.90	17.01	18.27	16.64	17.34	16.57	16.97
16	17:04:22					16.94	16.98	18.31	16.71	17.33	16.64	17.00
17	17:04:23					16.93	17.03	18.34	16.60	17.32	16.56	16.97
<b>Promedio</b>		0.347	50.663	0.375	0.295	16.932	17.016	18.297	16.621	17.332	16.575	16.962
<b>Varianza</b>		0.000	16.007	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
<b>D. Estándar</b>		0.000	3.652	0.000	0.021	0.021	0.028	0.035	0.037	0.022	0.035	0.026
<b>C. Variación</b>		0.10%	7.21%	0.09%	7.23%	0.13%	0.17%	0.19%	0.22%	0.13%	0.21%	0.15%
<b>Incremento (mA)</b>						-0.002	0.526	0.045	0.339	0.338	1.074	0.584
<b>Presión (mbar)</b>						-0.024	6.575	0.569	4.231	4.219	13.422	7.299

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 5**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:11:56					16.74	16.80	17.94	16.37	16.96	16.74	16.84
2	17:11:57					16.77	16.74	17.96	16.49	16.95	16.76	16.97
3	17:11:58					16.73	16.90	17.98	16.37	16.92	16.69	16.79
4	17:11:59					16.69	16.78	17.93	16.28	16.92	16.64	16.79
5	17:12:00	0.40	85.98	0.42	0.44	16.74	16.82	17.96	16.42	16.93	16.76	16.82
6	17:12:01					16.66	16.87	17.94	16.29	16.93	16.60	16.77
7	17:12:02					16.71	16.82	17.85	16.20	16.93	16.65	16.77
8	17:12:03					16.69	16.81	17.88	16.29	17.00	16.63	16.82
9	17:12:04					16.71	16.79	17.84	16.26	16.92	16.65	16.78
10	17:12:05					16.65	16.91	17.94	16.28	16.91	16.69	16.76
11	17:12:06					16.71	16.87	17.89	16.27	16.93	16.65	16.75
12	17:12:07					16.73	16.82	17.95	16.38	16.88	16.75	16.75
13	17:12:08					16.69	16.88	17.96	16.30	16.85	16.66	16.75
14	17:12:09					16.68	16.84	17.94	16.36	16.91	16.68	16.81
15	17:12:10	0.40	90.21	0.42	0.46	16.74	16.78	17.89	16.33	16.97	16.68	16.85
16	17:12:11					16.68	16.83	17.90	16.37	16.97	16.75	16.86
17	17:12:12					16.70	16.89	17.97	16.39	17.01	16.71	16.88
<b>Promedio</b>		0.395	89.609	0.423	0.463	16.711	16.831	17.901	16.296	16.959	16.657	16.813
<b>Varianza</b>		0.000	19.133	0.000	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.002	0.003	0.003
<b>D. Estándar</b>		0.001	3.993	0.001	0.021	0.030	0.048	0.051	0.064	0.043	0.055	0.050
<b>C. Variación</b>		0.21%	4.46%	0.20%	4.57%	0.18%	0.29%	0.29%	0.39%	0.25%	0.33%	0.30%
<b>Incremento (mA)</b>						-0.223	0.341	-0.351	0.013	-0.036	1.156	0.434
<b>Presión (mbar)</b>						-2.785	4.260	-4.390	0.163	-0.444	14.453	5.431

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 6**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:18:46					16.52	16.59	17.58	16.16	16.69	16.72	16.69
2	17:18:47					16.55	16.64	17.63	16.12	16.69	16.69	16.66
3	17:18:48					16.62	16.56	17.57	16.08	16.63	16.73	16.64
4	17:18:49					16.58	16.57	17.54	16.07	16.58	16.72	16.66
5	17:18:50	0.42	111.73	0.45	0.54	16.48	16.51	17.54	16.11	16.63	16.73	16.73
6	17:18:51					16.49	16.58	17.52	16.07	16.77	16.70	16.78
7	17:18:52					16.53	16.60	17.56	16.11	16.69	16.76	16.64
8	17:18:53					16.48	16.55	17.56	16.16	16.68	16.85	16.77
9	17:18:54					16.51	16.52	17.52	16.06	16.68	16.71	16.73
10	17:18:55					16.57	16.57	17.56	16.11	16.70	16.70	16.70
11	17:18:56					16.58	16.59	17.52	16.06	16.72	16.71	16.70
12	17:18:57					16.47	16.53	17.46	15.93	16.73	16.57	16.64
13	17:18:58					16.47	16.57	17.48	16.02	16.72	16.69	16.69
14	17:18:59					16.51	16.62	17.53	16.10	16.77	16.72	16.76
15	17:19:00	0.42	108.86	0.45	0.53	16.57	16.56	17.54	16.09	16.73	16.69	16.71
16	17:19:01					16.57	16.52	17.50	16.06	16.74	16.69	16.74
17	17:19:02					16.59	16.60	17.54	16.07	16.69	16.64	16.61
<b>Promedio</b>		0.423	108.529	0.451	0.527	16.547	16.580	17.543	16.094	16.702	16.703	16.697
<b>Varianza</b>		0.000	5.550	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.005	0.003	0.003	0.004
<b>D. Estándar</b>		0.001	2.151	0.001	0.011	0.037	0.048	0.037	0.070	0.057	0.055	0.062
<b>C. Variación</b>		0.15%	1.98%	0.14%	2.08%	0.22%	0.29%	0.21%	0.43%	0.34%	0.33%	0.37%
<b>Incremento (mA)</b>						-0.387	0.090	-0.709	-0.189	-0.292	1.202	0.319
<b>Presión (mbar)</b>						-4.836	1.119	-8.858	-2.361	-3.655	15.027	3.985

APÉNDICE 3.5. Diseño 5 ( $P/H_d = 1.00$ )

VALORES INICIALES												
N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:31:06					17.21	17.08	19.19	17.24	16.69	16.31	16.47
2	10:31:07					17.22	17.07	19.19	17.23	16.69	16.28	16.47
3	10:31:08					17.22	17.08	19.19	17.23	16.69	16.32	16.47
4	10:31:09					17.22	17.08	19.19	17.23	16.69	16.27	16.47
5	10:31:10		0	0		17.22	17.07	19.19	17.23	16.69	16.32	16.46
6	10:31:11					17.22	17.07	19.19	17.23	16.69	16.27	16.47
7	10:31:12					17.22	17.08	19.19	17.23	16.69	16.31	16.47
8	10:31:13					17.22	17.08	19.19	17.23	16.69	16.25	16.47
9	10:31:14					17.22	17.08	19.19	17.24	16.69	16.30	16.47
10	10:31:15					17.22	17.08	19.19	17.23	16.69	16.27	16.47
11	10:31:16					17.22	17.07	19.19	17.24	16.69	16.28	16.47
12	10:31:17					17.22	17.07	19.19	17.24	16.69	16.28	16.47
13	10:31:18					17.21	17.07	19.19	17.23	16.69	16.27	16.47
14	10:31:19					17.22	17.07	19.19	17.24	16.69	16.30	16.47
15	10:31:20		0	0		17.21	17.08	19.19	17.23	16.69	16.24	16.46
16	10:31:21					17.22	17.07	19.19	17.24	16.69	16.29	16.46
17	10:31:22					17.22	17.08	19.19	17.23	16.68	16.25	16.47
<b>Promedio</b>			0.000			17.217	17.075	19.191	17.234	16.689	16.246	16.466
<b>Varianza</b>			0.000			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
<b>D. Estándar</b>			0.000			0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.030	0.001
<b>C. Variación</b>			0.00%			0.01%	0.01%	0.02%	0.01%	0.02%	0.19%	0.01%

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 1**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:38:26					17.22	17.51	19.47	17.69	17.17	17.38	17.74
2	10:38:27					17.22	17.50	19.47	17.68	17.12	17.38	17.74
3	10:38:28					17.23	17.51	19.47	17.68	17.15	17.39	17.76
4	10:38:29					17.23	17.51	19.48	17.68	17.13	17.40	17.76
5	10:38:30	0.27	0.03	0.30	0.19	17.23	17.50	19.47	17.68	17.13	17.40	17.74
6	10:38:31					17.21	17.50	19.48	17.69	17.14	17.38	17.74
7	10:38:32					17.22	17.50	19.47	17.68	17.16	17.38	17.77
8	10:38:33					17.21	17.50	19.47	17.70	17.16	17.38	17.74
9	10:38:34					17.23	17.51	19.47	17.68	17.13	17.36	17.71
10	10:38:35					17.21	17.49	19.47	17.67	17.13	17.42	17.76
11	10:38:36					17.22	17.50	19.47	17.68	17.13	17.40	17.77
12	10:38:37					17.22	17.50	19.46	17.68	17.18	17.42	17.76
13	10:38:38					17.22	17.50	19.47	17.69	17.13	17.34	17.77
14	10:38:39					17.22	17.50	19.48	17.67	17.13	17.42	17.73
15	10:38:40	0.27	0.02	0.30	0.18	17.20	17.49	19.47	17.68	17.09	17.41	17.73
16	10:38:41					17.24	17.50	19.47	17.67	17.10	17.42	17.80
17	10:38:42					17.23	17.51	19.47	17.67	17.16	17.40	17.77
<b>Promedio</b>		0.273	0.026	0.301	0.185	17.218	17.501	19.470	17.682	17.140	17.390	17.747
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.000	0.000	0.003	0.009	0.010	0.006	0.007	0.026	0.021	0.020
<b>C. Variación</b>		0.06%	1.52%	0.05%	1.52%	0.05%	0.06%	0.03%	0.04%	0.15%	0.12%	0.11%

<b>Incremento (mA)</b>	0.001	0.426	0.279	0.448	0.451	1.144	1.281
<b>Presión (mbar)</b>	0.013	5.322	3.484	5.603	5.633	14.300	16.016

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 2**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:43:33					17.25	17.64	19.45	17.71	17.20	17.76	17.89
2	10:43:34					17.28	17.63	19.44	17.67	17.16	17.76	17.84
3	10:43:35					17.16	17.59	19.43	17.68	17.16	17.73	17.85
4	10:43:36					17.21	17.61	19.46	17.65	17.24	17.67	17.95
5	10:43:37	0.33	0.05	0.36	0.31	17.15	17.63	19.43	17.68	17.20	17.68	17.89
6	10:43:38					17.22	17.69	19.43	17.62	17.19	17.78	17.89
7	10:43:39					17.24	17.71	19.43	17.63	17.20	17.75	17.99
8	10:43:40					17.26	17.70	19.43	17.62	17.13	17.72	17.99
9	10:43:41					17.25	17.72	19.44	17.63	17.16	17.75	17.98
10	10:43:42					17.22	17.62	19.41	17.63	17.11	17.80	17.93
11	10:43:43					17.28	17.60	19.44	17.69	17.20	17.73	17.98
12	10:43:44					17.26	17.60	19.43	17.64	17.16	17.77	17.97
13	10:43:45					17.22	17.61	19.43	17.69	17.18	17.74	17.91
14	10:43:46					17.27	17.57	19.41	17.75	17.19	17.78	17.96
15	10:43:47	0.33	0.05	0.36	0.31	17.29	17.61	19.44	17.68	17.17	17.69	17.84
16	10:43:48					17.34	17.64	19.43	17.67	17.22	17.73	17.86
17	10:43:49					17.29	17.60	19.43	17.76	17.12	17.77	17.90
<b>Promedio</b>		0.327	0.053	0.355	0.324	17.279	17.648	19.435	17.665	17.186	17.730	17.933
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.001	0.003	0.001	0.004
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.002	0.000	0.011	0.046	0.042	0.013	0.036	0.050	0.038	0.063
<b>C. Variación</b>		0.04%	3.34%	0.04%	3.37%	0.27%	0.24%	0.07%	0.20%	0.29%	0.21%	0.35%

<b>Incremento (mA)</b>	0.062	0.573	0.244	0.431	0.496	1.483	1.467
<b>Presión (mbar)</b>	0.771	7.166	3.046	5.383	6.206	18.542	18.343

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 3**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	10:51:03					17.19	17.54	19.32	17.69	17.13	17.88	18.09
2	10:51:04					17.25	17.45	19.33	17.45	17.10	17.90	18.22
3	10:51:05					17.15	17.54	19.34	17.70	17.01	18.02	18.07
4	10:51:06					17.31	17.50	19.31	17.58	17.11	17.86	18.26
5	10:51:07	0.36	0.07	0.38	0.40	17.15	17.62	19.32	17.81	17.08	18.01	18.15
6	10:51:08					17.23	17.47	19.30	17.55	16.96	17.80	18.17
7	10:51:09					17.11	17.53	19.29	17.75	17.13	17.98	18.08
8	10:51:10					17.21	17.53	19.31	17.61	17.12	17.86	18.36
9	10:51:11					17.15	17.46	19.33	17.69	17.00	18.05	17.99
10	10:51:12					17.21	17.50	19.32	17.61	17.25	17.82	18.30
11	10:51:13					17.16	17.58	19.38	17.67	16.90	18.08	18.13
12	10:51:14					17.27	17.57	19.32	17.65	17.28	17.79	18.33
13	10:51:15					17.14	17.57	19.31	17.65	17.20	18.04	18.03
14	10:51:16					17.26	17.62	19.34	17.65	17.10	17.78	18.22
15	10:51:17	0.36	0.07	0.38	0.41	17.20	17.54	19.30	17.69	17.18	17.91	18.13
16	10:51:18					17.30	17.49	19.38	17.59	17.07	18.07	18.28
17	10:51:19					17.22	17.56	19.32	17.71	17.16	17.81	18.12
<b>Promedio</b>		0.356	0.073	0.384	0.413	17.213	17.526	19.324	17.632	17.107	17.931	18.173
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.006	0.001	0.008	0.012	0.013	0.014
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.001	0.000	0.008	0.064	0.076	0.023	0.088	0.110	0.114	0.119
<b>C. Variación</b>		0.08%	2.00%	0.08%	2.05%	0.37%	0.43%	0.12%	0.50%	0.65%	0.63%	0.65%
<b>Incremento (mA)</b>						-0.004	0.451	0.133	0.398	0.418	1.685	1.707
<b>Presión (mbar)</b>						-0.049	5.635	1.660	4.975	5.221	21.066	21.336

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 4**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:01:22					17.13	17.53	19.26	17.40	16.86	18.22	18.18
2	11:01:23					17.18	17.60	19.22	17.55	17.02	18.02	18.11
3	11:01:24					17.24	17.45	19.26	17.55	16.97	18.11	18.07
4	11:01:25					17.15	17.45	19.25	17.61	17.10	17.90	18.09
5	11:01:26	0.37	0.09	0.40	0.48	17.19	17.45	19.26	17.63	17.12	17.86	18.23
6	11:01:27					17.12	17.37	19.25	17.47	17.12	17.95	18.25
7	11:01:28					17.18	17.45	19.26	17.42	16.98	18.08	18.16
8	11:01:29					17.19	17.59	19.25	17.53	16.97	18.11	18.15
9	11:01:30					17.16	17.55	19.22	17.55	17.03	18.04	18.15
10	11:01:31					17.17	17.48	19.26	17.59	17.21	17.95	18.27
11	11:01:32					17.12	17.46	19.26	17.46	17.17	17.96	18.22
12	11:01:33					17.11	17.47	19.27	17.45	17.00	18.03	18.21
13	11:01:34					17.17	17.37	19.24	17.43	16.96	18.03	18.14
14	11:01:35					17.18	17.45	19.24	17.49	16.93	18.10	18.01
15	11:01:36	0.37	0.09	0.40	0.47	17.24	17.43	19.27	17.58	16.91	18.06	18.11
16	11:01:37					17.26	17.42	19.27	17.48	17.09	17.98	18.23
17	11:01:38					17.17	17.43	19.27	17.47	17.02	18.05	18.27
<b>Promedio</b>		0.374	0.089	0.402	0.484	17.164	17.449	19.250	17.510	17.017	18.052	18.155
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.000	0.005	0.011	0.008	0.007
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.002	0.000	0.010	0.043	0.067	0.017	0.070	0.104	0.087	0.086
<b>C. Variación</b>		0.03%	1.98%	0.03%	1.98%	0.25%	0.38%	0.09%	0.40%	0.61%	0.48%	0.47%
<b>Incremento (mA)</b>						-0.053	0.374	0.059	0.275	0.327	1.806	1.690
<b>Presión (mbar)</b>						-0.665	4.675	0.732	3.442	4.090	22.570	21.121

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 5**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:05:02					17.19	17.49	19.28	17.44	16.85	18.09	18.07
2	11:05:03					17.23	17.38	19.26	17.60	17.06	18.01	18.15
3	11:05:04					17.19	17.53	19.30	17.56	17.07	17.88	18.24
4	11:05:05					17.19	17.49	19.25	17.44	16.82	18.08	17.98
5	11:05:06	0.37	0.09	0.40	0.49	17.19	17.53	19.28	17.49	17.05	17.90	18.18
6	11:05:07					17.23	17.43	19.25	17.60	17.04	18.01	18.15
7	11:05:08					17.12	17.40	19.29	17.54	17.18	17.79	18.26
8	11:05:09					17.22	17.53	19.27	17.43	16.99	18.14	18.06
9	11:05:10					17.05	17.44	19.26	17.62	17.12	17.93	18.17
10	11:05:11					17.23	17.44	19.24	17.42	17.00	18.17	18.06
11	11:05:12					17.13	17.34	19.27	17.60	17.21	17.83	18.28
12	11:05:13					17.27	17.59	19.30	17.49	17.04	18.08	18.07
13	11:05:14					17.09	17.42	19.28	17.54	17.19	17.78	18.26
14	11:05:15					17.26	17.58	19.28	17.53	16.87	18.14	18.02
15	11:05:16	0.37	0.08	0.40	0.46	17.06	17.51	19.27	17.50	17.10	17.85	18.15
16	11:05:17					17.26	17.47	19.26	17.48	16.87	18.18	18.05
17	11:05:18					17.16	17.48	19.28	17.53	17.17	17.96	18.40
<b>Promedio</b>		0.371	0.086	0.399	0.470	17.177	17.474	19.280	17.520	17.046	18.017	18.167
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000	0.004	0.010	0.016	0.009
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.002	0.000	0.013	0.069	0.073	0.019	0.064	0.097	0.126	0.094
<b>C. Variación</b>		0.08%	2.67%	0.08%	2.67%	0.40%	0.42%	0.10%	0.36%	0.57%	0.70%	0.52%

<b>Incremento (mA)</b>	-0.041	0.399	0.089	0.286	0.356	1.770	1.702
<b>Presión (mbar)</b>	-0.506	4.991	1.116	3.575	4.452	22.131	21.273

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 6**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:08:22					17.15	17.41	19.23	17.46	17.24	17.89	18.23
2	11:08:23					17.22	17.45	19.26	17.35	17.12	18.03	18.17
3	11:08:24					17.14	17.36	19.25	17.44	17.05	17.93	18.16
4	11:08:25					17.20	17.49	19.23	17.46	17.00	18.04	18.10
5	11:08:26	0.38	0.09	0.41	0.51	17.17	17.41	19.23	17.50	17.02	17.99	18.08
6	11:08:27					17.09	17.42	19.22	17.40	16.93	18.07	18.10
7	11:08:28					17.23	17.41	19.24	17.54	16.98	18.11	18.14
8	11:08:29					17.11	17.45	19.22	17.49	16.96	18.09	18.21
9	11:08:30					17.11	17.38	19.26	17.49	16.94	18.12	18.13
10	11:08:31					17.17	17.48	19.24	17.46	17.03	17.97	18.15
11	11:08:32					17.24	17.54	19.24	17.50	16.98	18.06	18.12
12	11:08:33					17.12	17.42	19.23	17.53	17.12	17.97	18.30
13	11:08:34					17.18	17.41	19.24	17.43	16.96	18.05	18.12
14	11:08:35					17.16	17.34	19.23	17.48	17.12	18.01	18.26
15	11:08:36	0.38	0.10	0.41	0.51	17.13	17.45	19.22	17.38	16.82	18.07	18.03
16	11:08:37					17.12	17.38	19.24	17.54	16.99	18.08	18.30
17	11:08:38					17.19	17.60	19.21	17.41	16.95	18.13	18.12
<b>Promedio</b>		0.380	0.096	0.408	0.513	17.150	17.428	19.230	17.467	16.995	18.069	18.170
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.000	0.004	0.007	0.006	0.004
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.001	0.000	0.007	0.044	0.065	0.013	0.062	0.085	0.076	0.066
<b>C. Variación</b>		0.06%	1.35%	0.06%	1.32%	0.25%	0.37%	0.07%	0.36%	0.50%	0.42%	0.36%
<b>Incremento (mA)</b>						-0.067	0.353	0.039	0.233	0.306	1.823	1.704
<b>Presión (mbar)</b>						-0.836	4.410	0.482	2.909	3.821	22.782	21.302

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 7**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	11:12:42					17.11	17.47	19.20	17.51	16.84	18.00	18.26
2	11:12:43					17.12	17.46	19.21	17.54	16.77	18.10	18.26
3	11:12:44					17.11	17.44	19.22	17.46	16.93	18.11	18.25
4	11:12:45					17.14	17.45	19.23	17.56	16.74	18.15	18.21
5	11:12:46	0.39	0.10	0.42	0.55	17.17	17.50	19.22	17.52	16.83	18.20	18.14
6	11:12:47					17.18	17.40	19.21	17.51	16.90	18.16	18.22
7	11:12:48					17.14	17.45	19.22	17.46	16.82	18.12	18.17
8	11:12:49					17.16	17.41	19.20	17.54	16.96	18.05	18.23
9	11:12:50					17.10	17.39	19.19	17.51	16.92	18.15	18.19
10	11:12:51					17.12	17.42	19.18	17.57	16.82	18.20	18.21
11	11:12:52					17.12	17.32	19.25	17.50	16.89	18.12	18.19
12	11:12:53					17.06	17.36	19.22	17.46	16.80	18.17	18.14
13	11:12:54					17.17	17.39	19.23	17.52	16.88	18.20	18.18
14	11:12:55					17.15	17.42	19.24	17.51	16.84	18.18	18.11
15	11:12:56	0.39	0.10	0.42	0.53	17.21	17.53	19.22	17.53	16.79	18.15	18.06
16	11:12:57					17.19	17.40	19.23	17.50	16.86	18.08	18.22
17	11:12:58					17.10	17.44	19.23	17.54	16.84	18.09	18.18
<b>Promedio</b>		0.389	0.102	0.417	0.535	17.139	17.425	19.218	17.485	16.877	18.141	18.187
<b>Varianza</b>		0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.003	0.003	0.004	0.003
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.002	0.000	0.009	0.037	0.053	0.020	0.054	0.057	0.065	0.051
<b>C. Variación</b>		0.12%	1.80%	0.11%	1.70%	0.21%	0.30%	0.10%	0.31%	0.34%	0.36%	0.28%
<b>Incremento (mA)</b>						-0.078	0.350	0.027	0.251	0.188	1.895	1.721
<b>Presión (mbar)</b>						-0.981	4.371	0.337	3.132	2.350	23.689	21.512

APÉNDICE 3.6. Diseño 6 ( $P/H_d = 0.50$ )

VALORES INICIALES												
N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	17:58:52					13.58	15.49	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
2	17:58:53					13.58	15.48	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
3	17:58:54					13.57	15.49	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
4	17:58:55					13.58	15.48	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
5	17:58:56		0	0		13.57	15.49	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
6	17:58:57					13.58	15.49	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
7	17:58:58					13.58	15.48	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
8	17:58:59					13.58	15.49	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
9	17:59:00					13.58	15.49	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
10	17:59:01					13.58	15.48	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
11	17:59:02					13.58	15.48	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
12	17:59:03					13.58	15.49	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
13	17:59:04					13.58	15.49	15.71	15.37	16.99	14.37	15.12
14	17:59:05					13.58	15.49	15.71	15.37	16.99	14.37	15.12
15	17:59:06		0	0		13.58	15.49	15.71	15.36	16.99	14.37	15.13
16	17:59:07					13.58	15.49	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
17	17:59:08					13.57	15.49	15.71	15.36	16.99	14.37	15.12
<b>Promedio</b>			0.000			13.575	15.485	15.712	15.363	16.983	14.371	15.124
<b>Varianza</b>			0.000			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>			0.000			0.001	0.001	0.002	0.002	0.005	0.002	0.002
<b>C. Variación</b>			0.00%			0.00%	0.01%	0.02%	0.01%	0.03%	0.02%	0.02%

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 1**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	18:04:00					13.64	15.92	15.99	15.85	17.43	15.36	15.84
2	18:04:01					13.65	15.92	15.99	15.85	17.42	15.36	15.83
3	18:04:02					13.65	15.93	15.99	15.85	17.42	15.36	15.84
4	18:04:03					13.65	15.92	15.99	15.86	17.42	15.36	15.84
5	18:04:04	0.15	17.34	0.18	0.21	13.65	15.91	15.99	15.85	17.42	15.36	15.83
6	18:04:05					13.65	15.92	15.99	15.86	17.43	15.36	15.83
7	18:04:06					13.65	15.92	15.99	15.85	17.43	15.35	15.84
8	18:04:07					13.65	15.92	16.00	15.86	17.42	15.35	15.83
9	18:04:08					13.65	15.92	16.00	15.86	17.43	15.36	15.83
10	18:04:09					13.65	15.93	16.00	15.85	17.43	15.36	15.84
11	18:04:10					13.65	15.92	16.00	15.86	17.43	15.36	15.84
12	18:04:11					13.65	15.92	16.00	15.87	17.42	15.36	15.83
13	18:04:12					13.65	15.93	16.00	15.86	17.43	15.36	15.84
14	18:04:13					13.65	15.92	16.00	15.86	17.43	15.37	15.84
15	18:04:14	0.15	17.68	0.18	0.22	13.65	15.93	16.00	15.85	17.42	15.36	15.83
16	18:04:15					13.65	15.92	16.00	15.86	17.42	15.36	15.83
17	18:04:16					13.65	15.93	16.00	15.85	17.42	15.35	15.83
<b>Promedio</b>		0.149	16.715	0.177	0.206	13.649	15.923	16.005	15.856	17.423	15.362	15.839
<b>Varianza</b>		0.000	1.586	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.150	0.000	0.014	0.003	0.004	0.007	0.004	0.004	0.006	0.006
<b>C. Variación</b>		0.12%	6.88%	0.10%	6.84%	0.02%	0.02%	0.05%	0.02%	0.02%	0.04%	0.04%

<b>Incremento (mA)</b>	0.074	0.437	0.294	0.494	0.440	0.992	0.714
<b>Presión (mbar)</b>	0.926	5.468	3.670	6.170	5.500	12.397	8.928

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 2**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	18:06:18					13.66	16.02	16.05	15.95	17.51	15.57	16.02
2	18:06:19					13.66	16.00	16.06	15.92	17.49	15.59	16.01
3	18:06:20					13.66	16.01	16.05	15.94	17.52	15.56	16.03
4	18:06:21					13.65	16.00	16.05	15.93	17.50	15.59	16.02
5	18:06:22	0.18	27.62	0.20	0.30	13.65	16.01	16.05	15.93	17.51	15.58	16.03
6	18:06:23					13.66	16.02	16.04	15.95	17.52	15.56	16.02
7	18:06:24					13.66	16.00	16.05	15.93	17.50	15.59	16.00
8	18:06:25					13.65	16.01	16.05	15.93	17.51	15.56	16.03
9	18:06:26					13.66	16.00	16.05	15.92	17.50	15.58	16.02
10	18:06:27					13.66	16.01	16.05	15.93	17.50	15.57	16.03
11	18:06:28					13.66	16.02	16.05	15.95	17.50	15.55	16.01
12	18:06:29					13.67	16.00	16.05	15.93	17.50	15.57	16.02
13	18:06:30					13.66	16.01	16.05	15.92	17.52	15.57	16.03
14	18:06:31					13.65	16.01	16.05	15.93	17.51	15.59	16.02
15	18:06:32	0.18	29.47	0.20	0.32	13.65	16.01	16.05	15.93	17.50	15.60	16.02
16	18:06:33					13.65	16.01	16.05	15.93	17.49	15.59	16.00
17	18:06:34					13.65	16.01	16.05	15.94	17.50	15.57	16.01
<b>Promedio</b>		0.176	29.078	0.204	0.312	13.664	16.006	16.051	15.933	17.502	15.575	16.021
<b>Varianza</b>		0.000	1.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.932	0.000	0.009	0.008	0.008	0.005	0.010	0.009	0.014	0.010
<b>C. Variación</b>		0.28%	3.20%	0.24%	3.01%	0.06%	0.05%	0.03%	0.06%	0.05%	0.09%	0.07%
<b>Incremento (mA)</b>						0.089	0.521	0.339	0.570	0.519	1.204	0.897
<b>Presión (mbar)</b>						1.112	6.512	4.239	7.125	6.484	15.050	11.213

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 3**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	18:12:17					14.03	16.06	16.08	15.93	17.55	15.82	16.27
2	18:12:18					14.03	16.01	16.08	16.03	17.55	15.87	16.32
3	18:12:19					14.04	16.05	16.08	15.96	17.55	15.88	16.30
4	18:12:20					14.02	16.05	16.09	15.96	17.54	15.87	16.32
5	18:12:21	0.21	47.42	0.24	0.44	14.03	16.02	16.08	15.98	17.54	15.88	16.31
6	18:12:22					14.04	16.03	16.07	15.96	17.57	15.84	16.31
7	18:12:23					14.03	16.03	16.08	15.93	17.56	15.88	16.32
8	18:12:24					14.03	16.04	16.08	16.00	17.56	15.84	16.29
9	18:12:25					14.03	16.01	16.07	15.99	17.57	15.91	16.31
10	18:12:26					14.06	16.02	16.09	15.94	17.53	15.85	16.30
11	18:12:27					14.03	16.00	16.08	16.00	17.56	15.92	16.32
12	18:12:28					14.05	16.05	16.08	15.98	17.55	15.90	16.31
13	18:12:29					14.05	16.04	16.07	15.95	17.53	15.84	16.31
14	18:12:30					14.02	16.02	16.08	15.99	17.53	15.87	16.28
15	18:12:31	0.21	48.75	0.24	0.45	14.01	16.04	16.08	15.98	17.57	15.86	16.34
16	18:12:32					14.02	15.98	16.08	15.98	17.57	15.87	16.34
17	18:12:33					14.04	16.05	16.09	15.98	17.53	15.89	16.29
<b>Promedio</b>		0.208	47.973	0.236	0.444	14.035	16.013	16.079	15.976	17.550	15.862	16.311
<b>Varianza</b>		0.000	1.217	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.007	0.000	0.010	0.012	0.021	0.006	0.028	0.016	0.023	0.021
<b>C. Variación</b>		0.22%	2.10%	0.19%	2.16%	0.08%	0.13%	0.04%	0.18%	0.09%	0.14%	0.13%
<b>Incremento (mA)</b>						0.460	0.528	0.367	0.613	0.567	1.492	1.186
<b>Presión (mbar)</b>						5.752	6.600	4.591	7.667	7.085	18.648	14.828

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 4**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	18:17:27					14.30	15.93	15.94	15.94	17.47	16.19	16.48
2	18:17:28					14.30	15.94	15.96	15.77	17.49	16.14	16.39
3	18:17:29					14.31	15.92	15.95	15.92	17.50	16.18	16.42
4	18:17:30					14.31	15.88	15.95	15.81	17.43	16.19	16.38
5	18:17:31	0.25	77.05	0.28	0.60	14.29	15.90	15.94	15.88	17.40	16.21	16.53
6	18:17:32					14.28	15.94	15.98	15.82	17.51	16.17	16.42
7	18:17:33					14.32	16.05	15.98	15.90	17.38	16.23	16.42
8	18:17:34					14.31	15.97	15.92	15.95	17.42	16.22	16.42
9	18:17:35					14.30	15.94	15.92	15.97	17.47	16.24	16.48
10	18:17:36					14.32	15.95	15.95	15.90	17.47	16.23	16.46
11	18:17:37					14.31	15.97	15.97	15.85	17.45	16.23	16.40
12	18:17:38					14.33	16.01	15.96	15.93	17.41	16.16	16.40
13	18:17:39					14.31	15.91	15.94	15.98	17.44	16.26	16.49
14	18:17:40					14.30	15.92	15.93	15.87	17.52	16.21	16.45
15	18:17:41	0.25	75.24	0.28	0.59	14.31	15.97	15.93	15.85	17.42	16.22	16.43
16	18:17:42					14.30	16.07	15.96	15.92	17.43	16.18	16.34
17	18:17:43					14.31	16.00	15.93	15.98	17.43	16.21	16.43
<b>Promedio</b>		0.251	77.209	0.279	0.606	14.307	15.965	15.951	15.887	17.453	16.225	16.442
<b>Varianza</b>		0.000	1.126	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.004	0.001	0.001	0.002
<b>D. Estándar</b>		0.000	0.969	0.000	0.008	0.014	0.037	0.020	0.065	0.034	0.037	0.040
<b>C. Variación</b>		0.16%	1.25%	0.15%	1.29%	0.10%	0.23%	0.13%	0.41%	0.20%	0.23%	0.24%
<b>Incremento (mA)</b>						0.732	0.480	0.239	0.525	0.470	1.854	1.317
<b>Presión (mbar)</b>						9.148	6.000	2.988	6.561	5.879	23.180	16.465

**ESTRATO O CONJUNTO DE DATOS 5**

N°	Hora	Depth (m)	Flow (L/s)	Stage (m)	Vel (m/s)	S-1 [mA]	S-3 [mA]	S-4 [mA]	S-5 [mA]	S-7 [mA]	S-8 [mA]	S-9 [mA]
1	18:19:36					14.27	15.85	15.74	15.77	17.40	16.34	16.58
2	18:19:37					14.26	15.94	15.77	15.97	17.34	16.44	16.50
3	18:19:38					14.26	15.91	15.79	15.82	17.24	16.45	16.42
4	18:19:39					14.26	15.82	15.72	15.62	17.39	16.50	16.52
5	18:19:40	0.28	103.50	0.31	0.74	14.23	15.95	15.72	16.01	17.32	16.36	16.49
6	18:19:41					14.24	15.94	15.78	15.76	17.26	16.47	16.39
7	18:19:42					14.23	15.83	15.74	15.71	17.23	16.51	16.36
8	18:19:43					14.24	15.86	15.70	15.87	17.45	16.43	16.58
9	18:19:44					14.23	15.87	15.72	15.76	17.38	16.35	16.53
10	18:19:45					14.24	15.87	15.73	15.74	17.26	16.52	16.50
11	18:19:46					14.27	15.91	15.76	15.86	17.35	16.44	16.56
12	18:19:47					14.24	15.91	15.73	15.91	17.32	16.44	16.51
13	18:19:48					14.23	15.84	15.75	15.74	17.30	16.45	16.48
14	18:19:49					14.24	15.84	15.73	15.73	17.34	16.39	16.53
15	18:19:50	0.28	101.00	0.30	0.73	14.25	15.86	15.70	15.91	17.38	16.41	16.48
16	18:19:51					14.25	15.89	15.72	15.94	17.35	16.54	16.48
17	18:19:52					14.24	15.85	15.80	15.73	17.25	16.46	16.45
<b>Promedio</b>		0.278	102.191	0.306	0.731	14.240	15.884	15.735	15.820	17.343	16.447	16.496
<b>Varianza</b>		0.000	2.939	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.007	0.002	0.003	0.003
<b>D. Estándar</b>		0.000	1.565	0.000	0.011	0.013	0.044	0.024	0.082	0.048	0.050	0.058
<b>C. Variación</b>		0.17%	1.53%	0.16%	1.49%	0.09%	0.28%	0.15%	0.52%	0.28%	0.31%	0.35%
<b>Incremento (mA)</b>						0.665	0.399	0.023	0.457	0.360	2.077	1.371
<b>Presión (mbar)</b>						8.312	4.987	0.289	5.713	4.494	25.958	17.143

## APÉNDICE 4. CUADRO RESUMEN DE LOS VALORES RESULTANTES EN CADA ESTRATO

Se unificaron los datos del Anexo 6, para relaciones de  $P/H_d$  establecidas.

### APÉNDICE 4.1. Diseño 1 ( $P/H_d = 3.00$ )

Descripción	H (m)	H/H <sub>d</sub>	Flow (L/s)	Stage (m)	S-1 [mca]	S-3 [mca]	S-4 [mca]	S-5 [mca]	S-7 [mca]	S-8 [mca]	S-9 [mca]
Estrato 2	0.058	0.579	9.958	0.358	0.007	0.104	0.071	0.039	0.050	0.086	0.054
Estrato 1	0.069	0.692	14.261	0.369	0.008	0.106	0.075	0.041	0.046	0.094	0.060
Estrato 3	0.101	1.011	26.459	0.401	0.004	0.107	0.062	0.038	0.059	0.119	0.064
Estrato 4	0.131	1.310	41.958	0.431	-0.007	0.097	0.042	0.022	0.047	0.136	0.057
Estrato 5	0.155	1.552	58.839	0.455	-0.018	0.072	0.022	0.005	0.032	0.152	0.052
Estrato 6	0.165	1.648	63.684	0.465	-0.025	0.066	0.009	-0.007	0.021	0.155	0.041
Estrato 7	0.168	1.675	68.017	0.468	-0.027	0.057	0.004	-0.015	0.021	0.154	0.036
Estrato 8	0.197	1.966	90.714	0.497	-0.048	0.012	-0.046	-0.062	-0.026	0.164	0.001

### APÉNDICE 4.2. Diseño 2 ( $P/H_d = 2.50$ )

Descripción	H (m)	H/H <sub>d</sub>	Flow (L/s)	Stage (m)	S-1 [mca]	S-3 [mca]	S-4 [mca]	S-5 [mca]	S-7 [mca]	S-8 [mca]	S-9 [mca]
Estrato 1	0.062	0.495	0.011	0.374	0.018	0.056	0.023	0.040	0.040	0.089	0.106
Estrato 2	0.124	0.994	0.038	0.437	0.012	0.055	0.019	0.036	0.041	0.130	0.122
Estrato 3	0.165	1.324	0.063	0.478	0.006	0.028	-0.007	0.011	0.035	0.142	0.108
Estrato 4	0.191	1.527	0.080	0.503	-0.010	0.013	-0.030	-0.024	-0.007	0.142	0.079
Estrato 5	0.197	1.575	0.087	0.509	-0.014	0.007	-0.037	-0.034	-0.021	0.143	0.070

**APÉNDICE 4.3. Diseño 3 ( $P/H_d = 2.00$ )**

Descripción	H (m)	H/Hd	Flow (L/s)	Stage (m)	S-1 [mca]	S-3 [mca]	S-4 [mca]	S-5 [mca]	S-7 [mca]	S-8 [mca]	S-9 [mca]
Estrato 1	0.073	0.583	15.693	0.323	0.017	0.057	0.051	0.053	0.026	0.093	0.090
Estrato 4	0.077	0.616	16.514	0.327	0.022	0.093	0.085	0.053	-0.011	0.090	0.100
Estrato 5	0.101	0.807	25.785	0.351	0.021	0.092	0.082	0.053	-0.010	0.107	0.110
Estrato 2	0.127	1.013	40.699	0.377	0.013	0.084	0.045	0.048	0.013	0.125	0.118
Estrato 6	0.127	1.018	40.642	0.377	0.017	0.083	0.070	0.047	-0.017	0.126	0.119
Estrato 7	0.149	1.192	52.804	0.399	0.011	0.071	0.056	0.038	-0.032	0.139	0.123
Estrato 3	0.168	1.344	68.006	0.418	0.003	0.055	0.017	0.023	-0.020	0.150	0.118
Estrato 8	0.171	1.371	70.073	0.421	0.002	0.049	0.033	0.019	-0.048	0.149	0.121

**APÉNDICE 4.4. Diseño 4 ( $P/H_d = 1.50$ )**

Descripción	H (m)	H/Hd	Flow (L/s)	Stage (m)	S-1 [mca]	S-3 [mca]	S-4 [mca]	S-5 [mca]	S-7 [mca]	S-8 [mca]	S-9 [mca]
Estrato 2	0.074	0.495	14.354	0.299	0.011	0.054	0.026	0.056	0.058	0.098	0.067
Estrato 1	0.079	0.526	15.430	0.304	0.010	0.055	0.029	0.055	0.059	0.103	0.073
Estrato 3	0.112	0.744	31.249	0.337	0.010	0.063	0.026	0.060	0.058	0.120	0.079
Estrato 4	0.150	1.002	50.663	0.375	0.000	0.066	0.006	0.042	0.042	0.134	0.073
Estrato 5	0.198	1.323	89.609	0.423	-0.028	0.043	-0.044	0.002	-0.004	0.145	0.054
Estrato 6	0.226	1.504	108.529	0.451	-0.048	0.011	-0.089	-0.024	-0.037	0.150	0.040

**APÉNDICE 4.5. Diseño 5 ( $P/H_d = 1.00$ )**

Descripción	H (m)	H/Hd	Flow (L/s)	Stage (m)	S-1 [mca]	S-3 [mca]	S-4 [mca]	S-5 [mca]	S-7 [mca]	S-8 [mca]	S-9 [mca]
Estrato 1	0.101	0.506	0.026	0.301	0.000	0.053	0.035	0.056	0.056	0.143	0.160
Estrato 2	0.155	0.775	0.053	0.355	0.008	0.072	0.030	0.054	0.062	0.185	0.183
Estrato 3	0.184	0.922	0.073	0.384	0.000	0.056	0.017	0.050	0.052	0.211	0.213
Estrato 5	0.199	0.995	0.086	0.399	-0.005	0.050	0.011	0.036	0.045	0.221	0.213
Estrato 4	0.202	1.010	0.089	0.402	-0.007	0.047	0.007	0.034	0.041	0.226	0.211
Estrato 6	0.208	1.038	0.096	0.408	-0.008	0.044	0.005	0.029	0.038	0.228	0.213
Estrato 7	0.217	1.083	0.102	0.417	-0.010	0.044	0.003	0.031	0.023	0.237	0.215

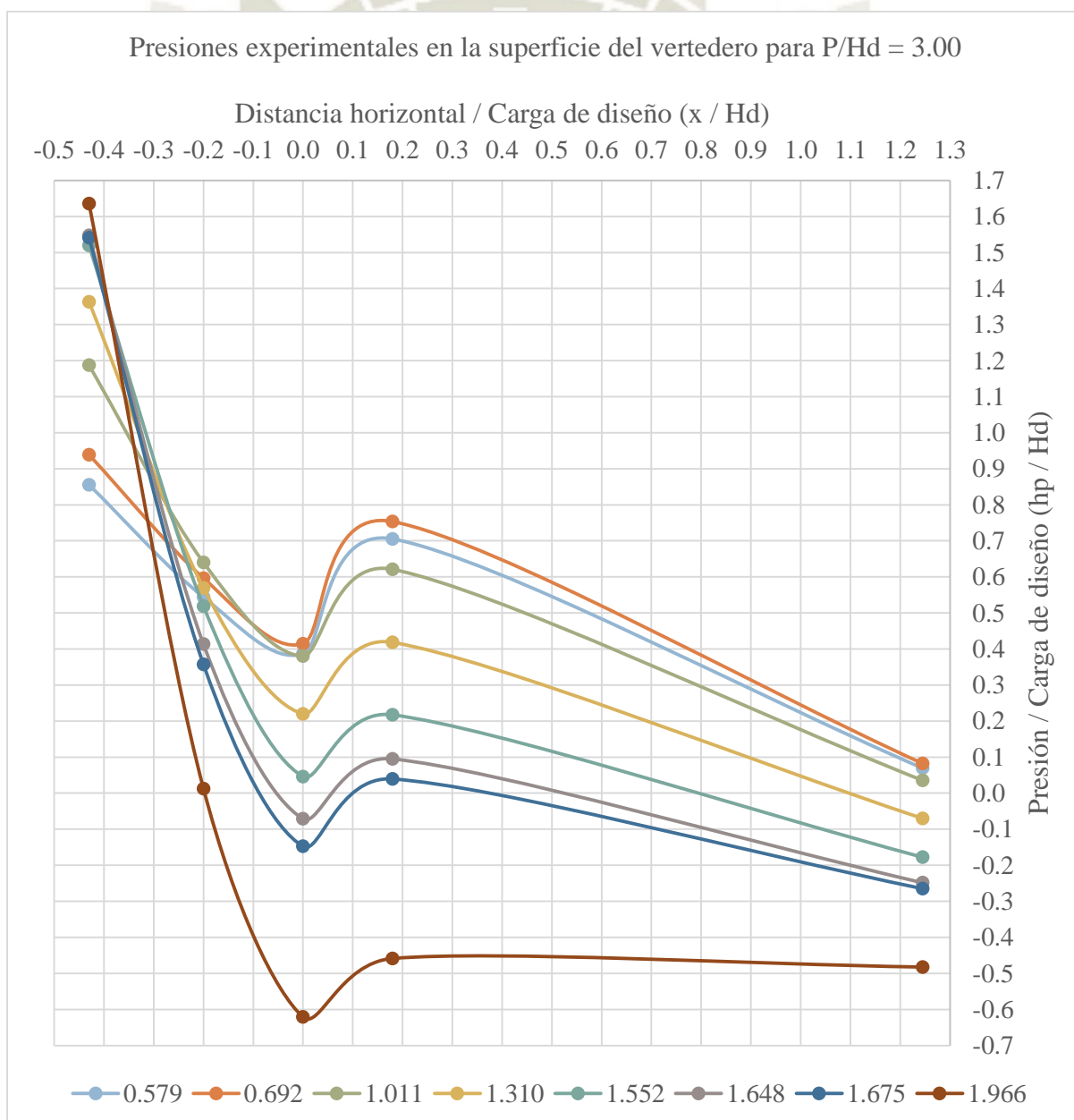
**APÉNDICE 4.6. Diseño 6 ( $P/H_d = 0.50$ )**

Descripción	H (m)	H/Hd	Flow (L/s)	Stage (m)	S-1 [mca]	S-3 [mca]	S-4 [mca]	S-5 [mca]	S-7 [mca]	S-8 [mca]	S-9 [mca]
Estrato 1	0.077	0.387	16.715	0.177	0.009	0.055	0.037	0.062	0.055	0.124	0.089
Estrato 2	0.104	0.520	29.078	0.204	0.011	0.065	0.042	0.071	0.065	0.151	0.112
Estrato 3	0.136	0.681	47.973	0.236	0.058	0.066	0.046	0.077	0.071	0.186	0.148
Estrato 4	0.179	0.895	77.209	0.279	0.091	0.060	0.030	0.066	0.059	0.232	0.165
Estrato 5	0.206	1.029	102.191	0.306	0.083	0.050	0.003	0.057	0.045	0.260	0.171

## APÉNDICE 5. GRÁFICA RESULTANTE

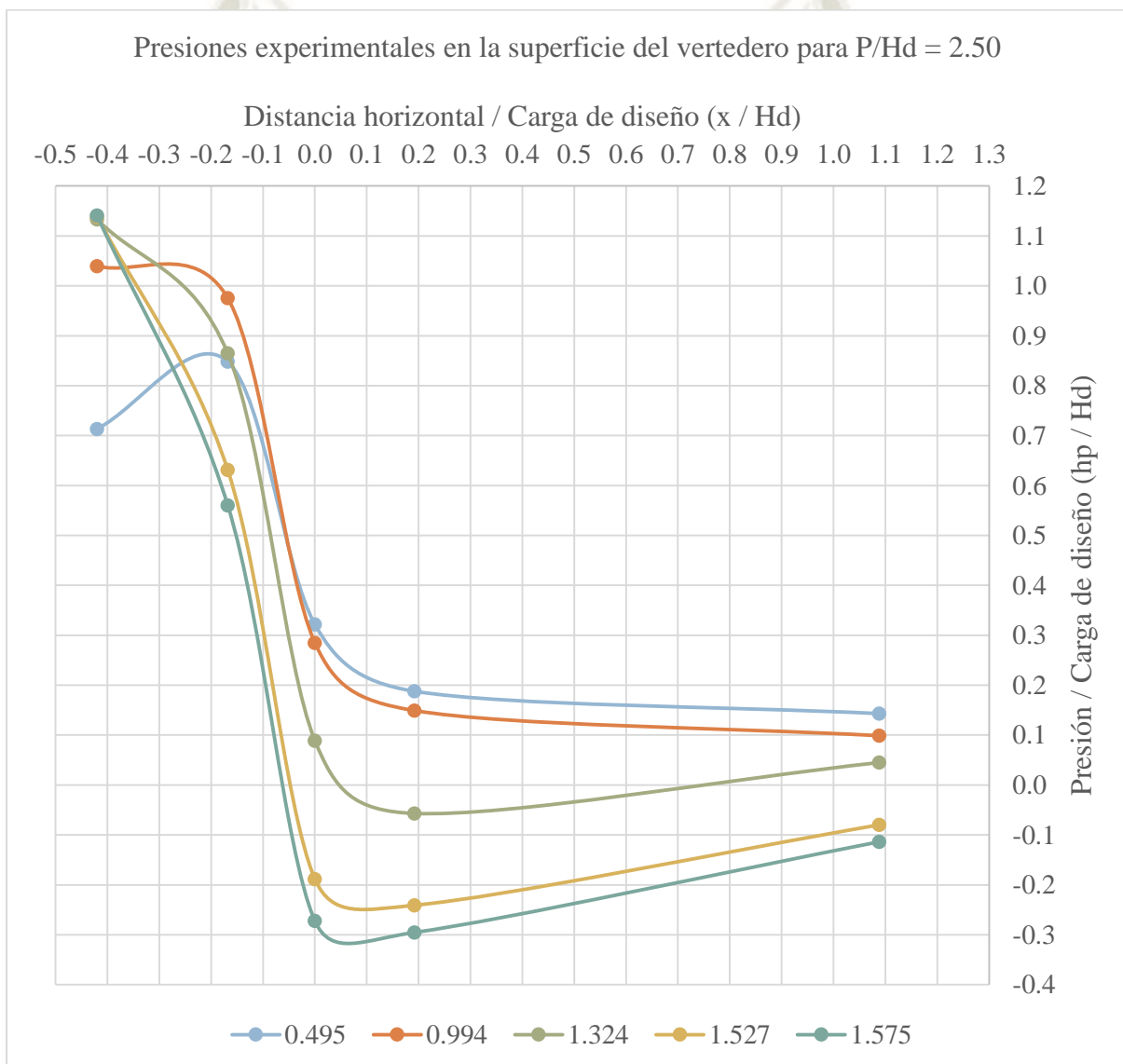
### APÉNDICE 5.1. Diseño 1 ( $P/H_d = 3.00$ )

Eje X		Eje y							
x/Hd	x	hp/Hd							
		E - 2	E - 1	E - 3	E - 4	E - 5	E - 6	E - 7	E - 8
		0.579	0.692	1.011	1.310	1.552	1.648	1.675	1.966
-0.43	-0.043	0.855	0.939	1.187	1.363	1.519	1.547	1.541	1.635
-0.20	-0.020	0.544	0.597	0.640	0.569	0.519	0.413	0.357	0.012
0.00	0.000	0.387	0.415	0.380	0.220	0.046	-0.071	-0.148	-0.621
0.18	0.018	0.705	0.753	0.621	0.418	0.217	0.095	0.039	-0.459
1.25	0.125	0.069	0.082	0.035	-0.070	-0.178	-0.249	-0.265	-0.482



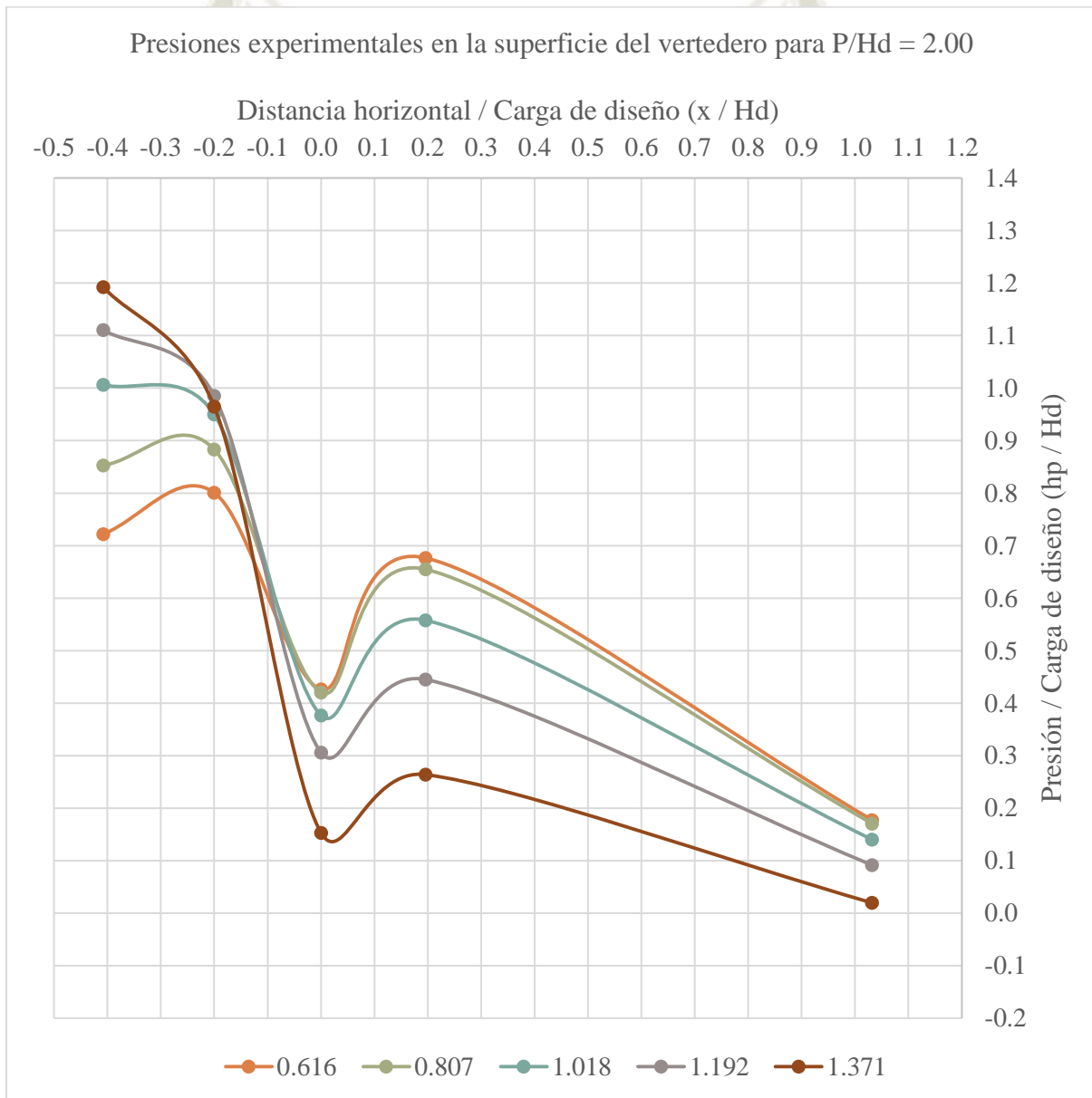
APÉNDICE 5.2. Diseño 2 ( $P/H_d = 2.50$ )

Eje X		Eje y				
x/Hd	x	hp/Hd				
		E - 1	E - 2	E - 3	E - 4	E - 5
		0.495	0.994	1.324	1.527	1.575
-0.42	-0.053	0.713	1.039	1.133	1.140	1.141
-0.17	-0.021	0.848	0.975	0.865	0.631	0.560
0.00	0.000	0.322	0.285	0.089	-0.188	-0.272
0.19	0.024	0.188	0.149	-0.057	-0.241	-0.295
1.09	0.136	0.143	0.099	0.045	-0.080	-0.114



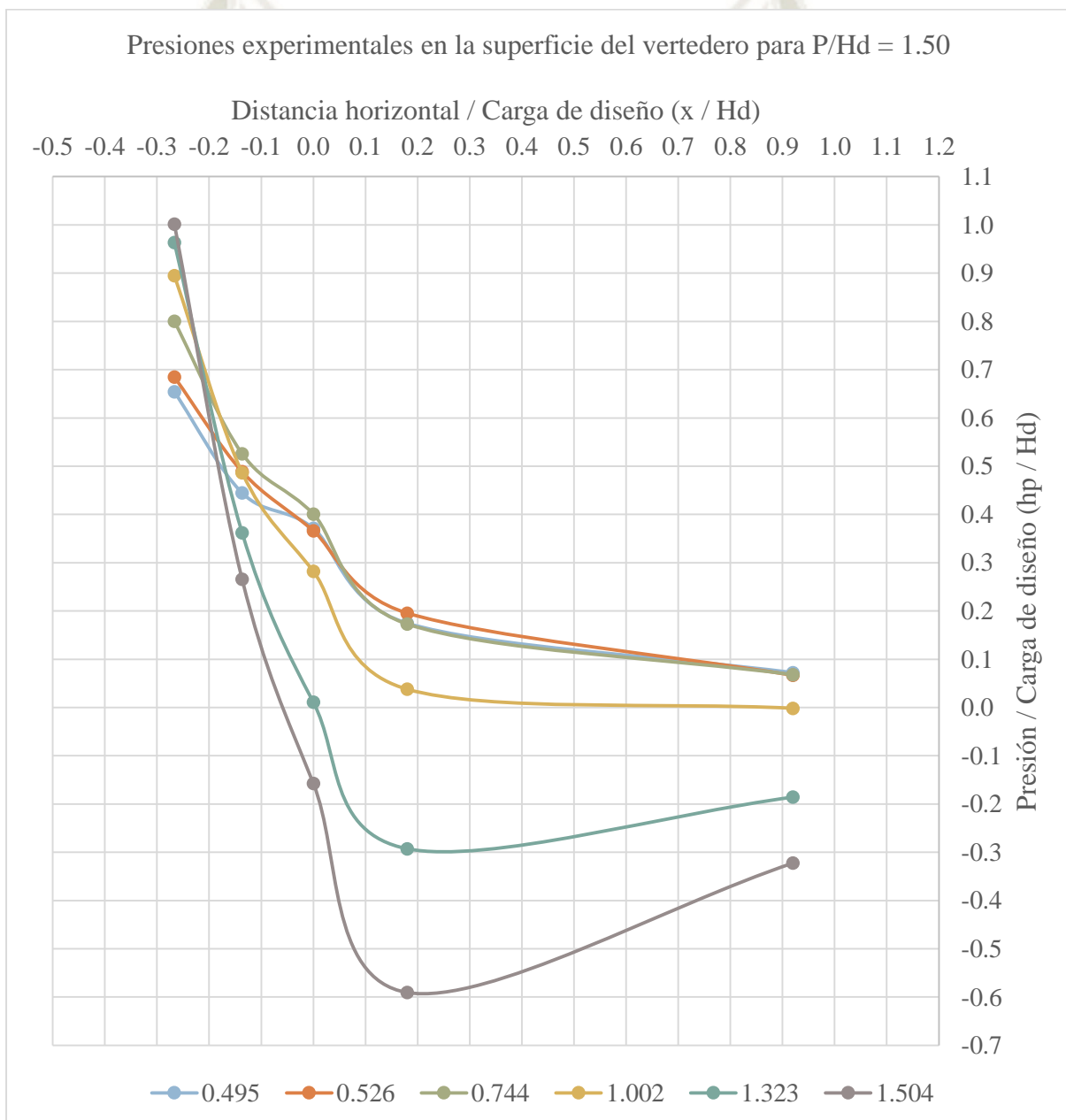
APÉNDICE 5.3. Diseño 3 ( $P/H_d = 2.00$ )

Eje X		Eje y							
x/Hd	x	y/Hd							
		E - 1	E - 4	E - 5	E - 2	E - 6	E - 7	E - 3	E - 8
		0.583	0.616	0.807	1.013	1.018	1.192	1.344	1.371
-0.41	-0.051	0.743	0.722	0.853	0.998	1.007	1.111	1.196	1.193
-0.20	-0.025	0.724	0.801	0.883	0.942	0.950	0.985	0.947	0.965
0.00	0.000	0.428	0.426	0.420	0.385	0.377	0.306	0.181	0.153
0.20	0.025	0.410	0.676	0.655	0.359	0.558	0.445	0.136	0.264
1.03	0.129	0.133	0.177	0.171	0.108	0.140	0.091	0.021	0.019



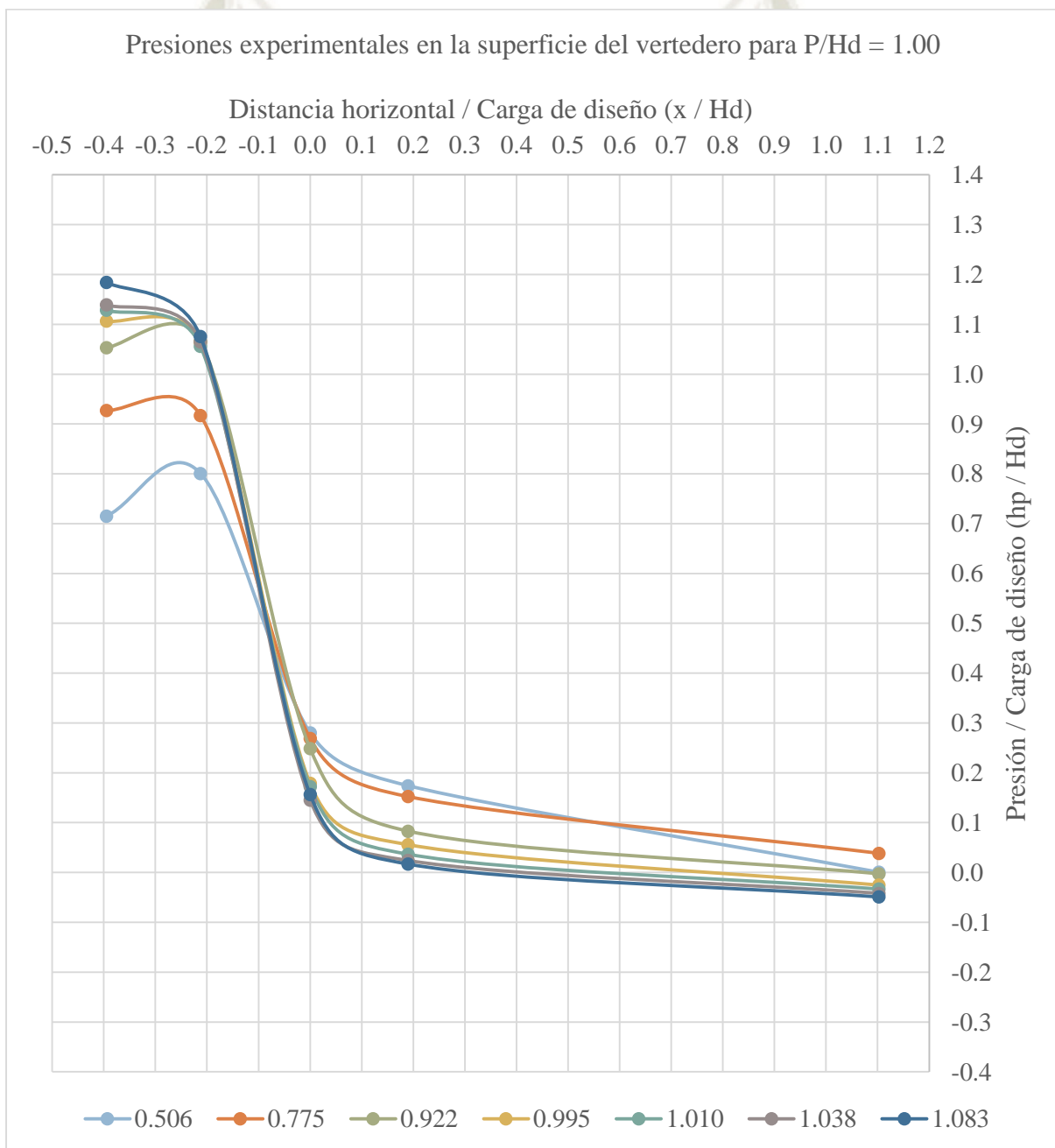
**APÉNDICE 5.4. Diseño 4 ( $P/H_d = 1.50$ )**

Eje X		Eje y					
x/Hd	x	y/Hd					
		D - 2	D - 1	D - 3	D - 4	D - 5	D - 6
		0.495	0.526	0.744	1.002	1.323	1.504
-0.27	-0.040	0.654	0.685	0.800	0.895	0.964	1.002
-0.14	-0.021	0.445	0.489	0.526	0.487	0.362	0.266
0.00	0.000	0.371	0.366	0.401	0.282	0.011	-0.157
0.18	0.027	0.175	0.196	0.173	0.038	-0.293	-0.591
0.92	0.138	0.072	0.067	0.068	-0.002	-0.186	-0.322



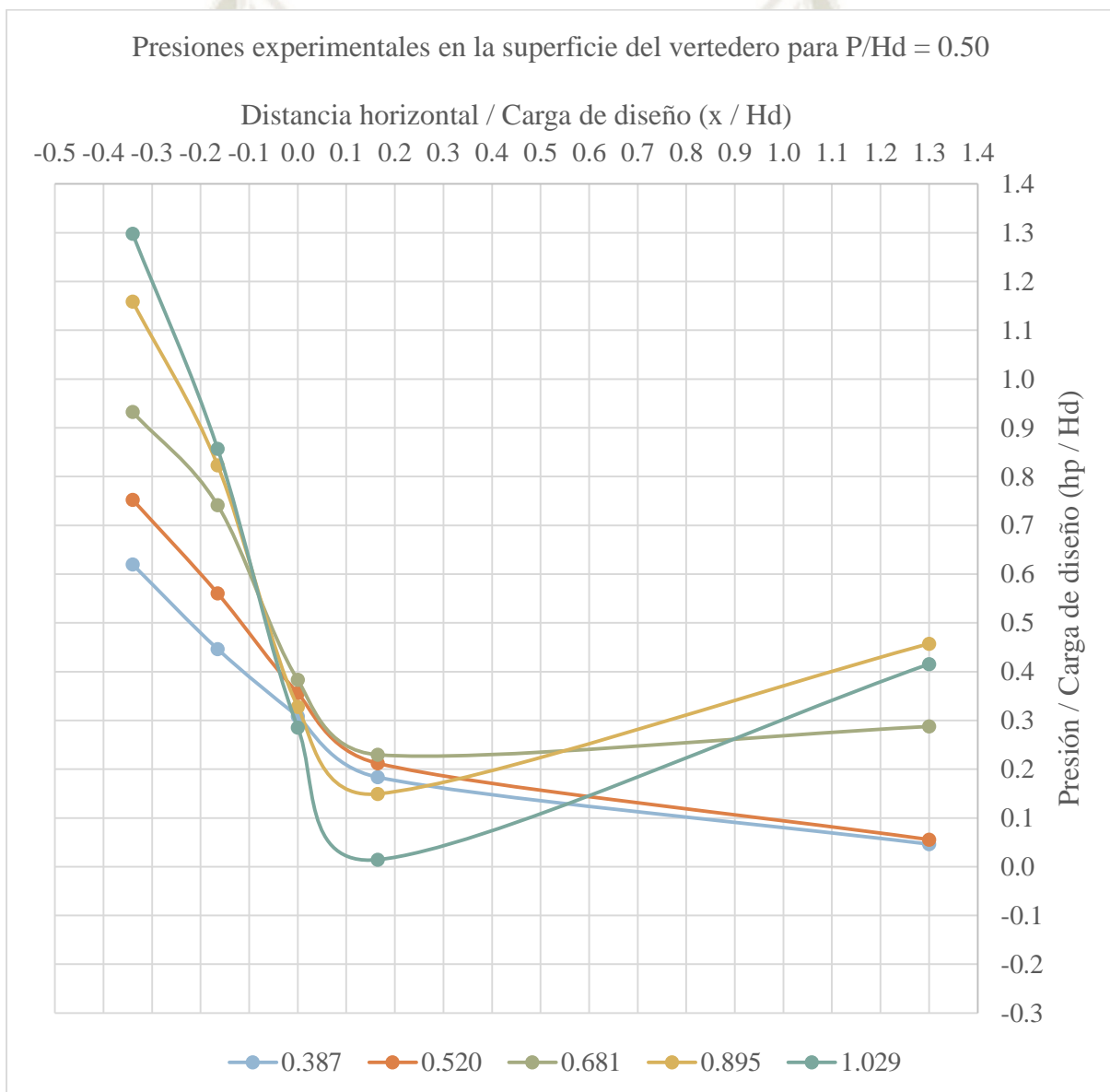
APÉNDICE 5.5. Diseño 5 ( $P/H_d = 1.00$ )

Eje X		Eje y						
x/Hd	x	hp/Hd						
		E - 1	E - 2	E - 3	E - 5	E - 4	E - 6	E - 7
		0.506	0.775	0.922	0.995	1.010	1.038	1.083
-0.40	-0.079	0.715	0.927	1.053	1.107	1.128	1.139	1.184
-0.21	-0.043	0.801	0.917	1.067	1.064	1.056	1.065	1.076
0.00	0.000	0.280	0.269	0.249	0.179	0.172	0.145	0.157
0.19	0.038	0.174	0.152	0.083	0.056	0.037	0.024	0.017
1.10	0.221	0.001	0.039	-0.002	-0.025	-0.033	-0.042	-0.049



**APÉNDICE 5.6.** Diseño 6 ( $P/H_d = 0.50$ )

Eje X		Eje y				
x/Hd	x	hp/Hd				
		E - 1	E - 2	E - 3	E - 4	E - 5
		<b>0.387</b>	<b>0.520</b>	<b>0.681</b>	<b>0.895</b>	<b>1.029</b>
-0.34	-0.068	0.620	0.752	0.932	1.159	1.298
-0.17	-0.033	0.446	0.561	0.741	0.823	0.857
0.00	0.000	0.309	0.356	0.383	0.328	0.286
0.17	0.033	0.183	0.212	0.230	0.149	0.014
1.30	0.260	0.046	0.056	0.288	0.457	0.416



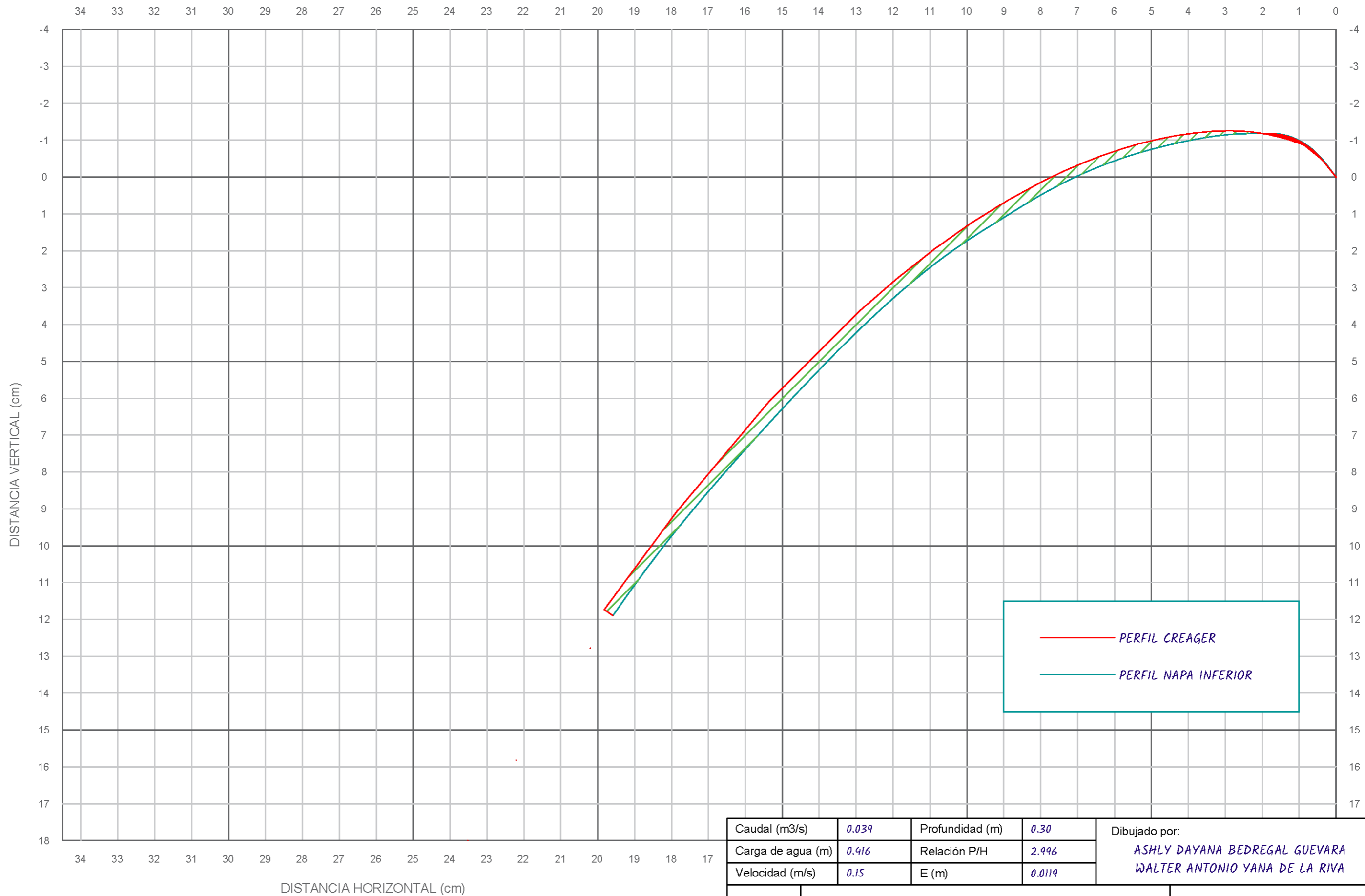


**ANEXO F. COMPARACIÓN TEÓRICA – EXPERIMENTAL  
DE LOS RESULTADOS**

## APÉNDICE 1. COMPARACIÓN TEÓRICA – EXPERIMENTAL EN VERTEDEROS DE PARED DELGADA

Se presentan los siguientes gráficos en tamaño A3.

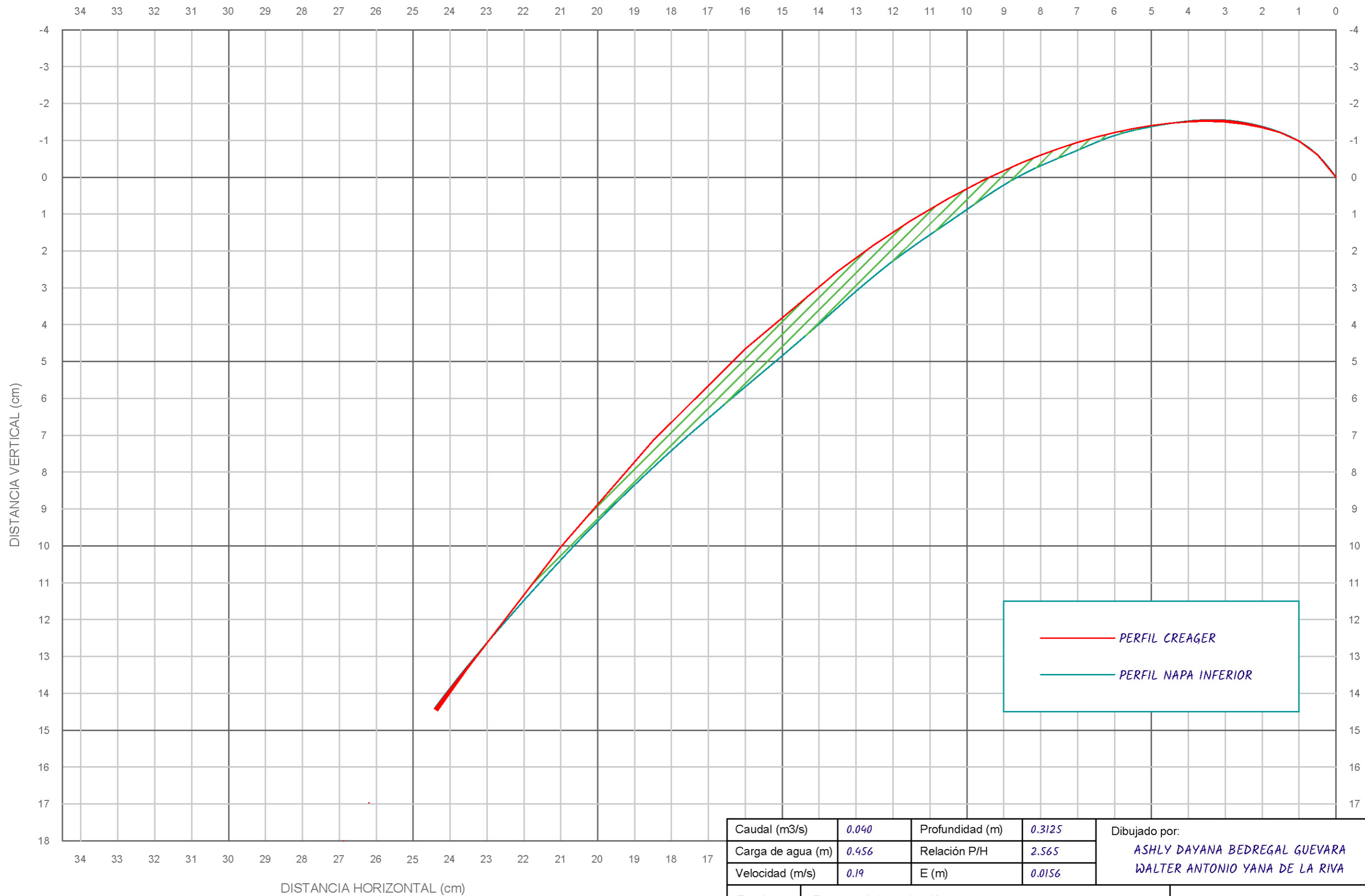




Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.039	Profundidad (m)	0.30	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.416	Relación P/H	2.996	
Velocidad (m/s)	0.15	E (m)	0.0119	

PERFIL CREAGER VS PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN V. P.D.  
VISTA LONGITUDINAL

Escala: <b>1:1</b>	Proyecto de Investigación:	<b>P 30.00 - E 2/2</b>
	"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"	
	Fecha: 10/08/2019	A3
	Hora: 10:09:35	

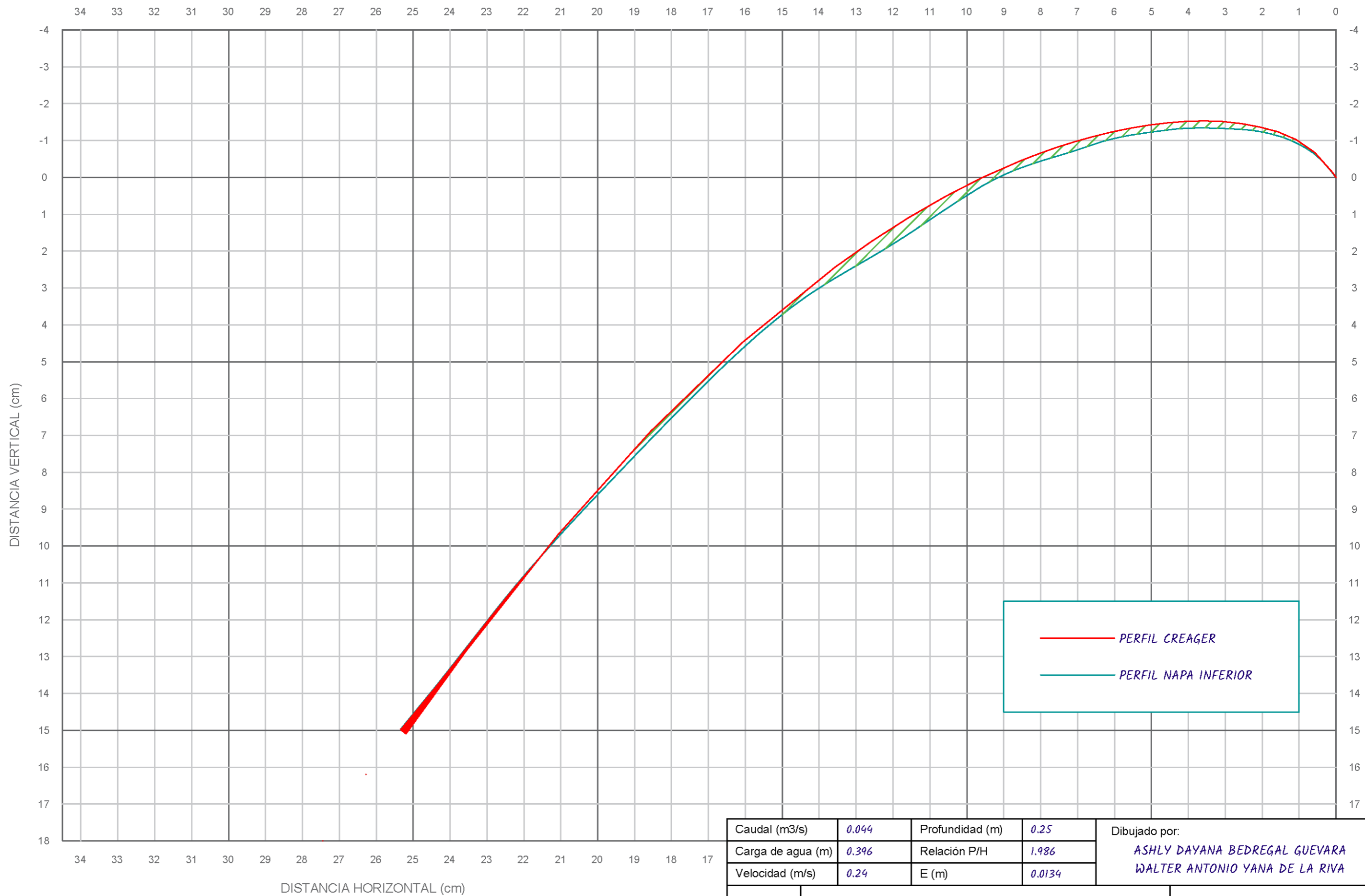


— *PERFIL CREAGER*  
— *PERFIL NAPA INFERIOR*

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.040	Profundidad (m)	0.3125	Dibujado por: <i>ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA</i> <i>WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA</i>
Carga de agua (m)	0.456	Relación P/H	2.565	
Velocidad (m/s)	0.19	E (m)	0.0156	

PERFIL CREAGER VS PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN V. P.D.  
 VISTA LONGITUDINAL

Escala: <i>1:1</i>	Proyecto de Investigación:	<i>P 31.25 - E 2/2</i>
	"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"	
	Fecha: <i>12/08/2019</i>	<b>A3</b>
	Hora: <i>13:23:12</i>	

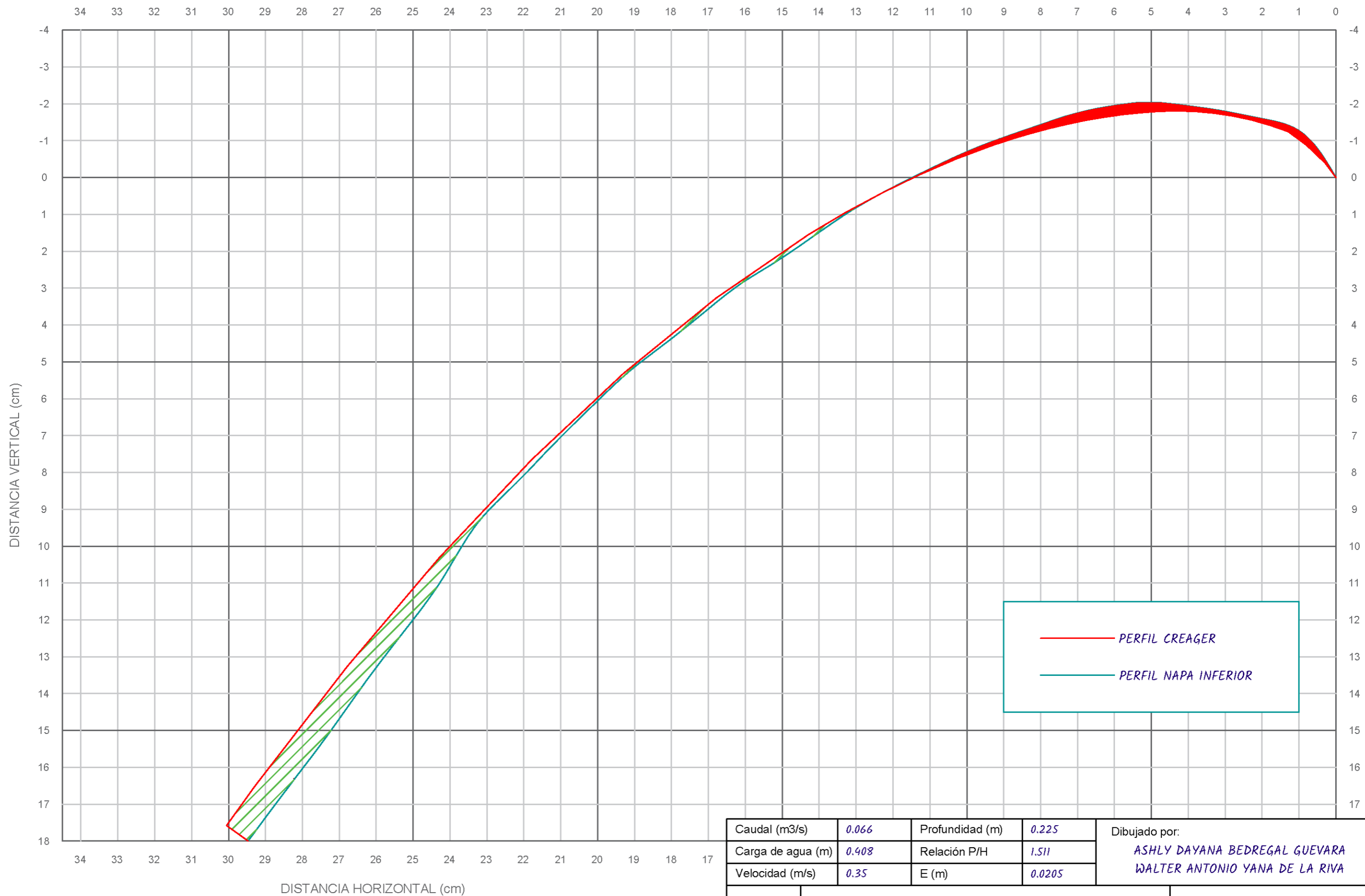


— *PERFIL CREAGER*  
— *PERFIL NAPA INFERIOR*

Caudal (m3/s)	0.044	Profundidad (m)	0.25	Dibujado por: <i>ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA</i> <i>WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA</i>
Carga de agua (m)	0.396	Relación P/H	1.986	
Velocidad (m/s)	0.24	E (m)	0.0134	

PERFIL CREAGER VS PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN V. P.D.  
 VISTA LONGITUDINAL

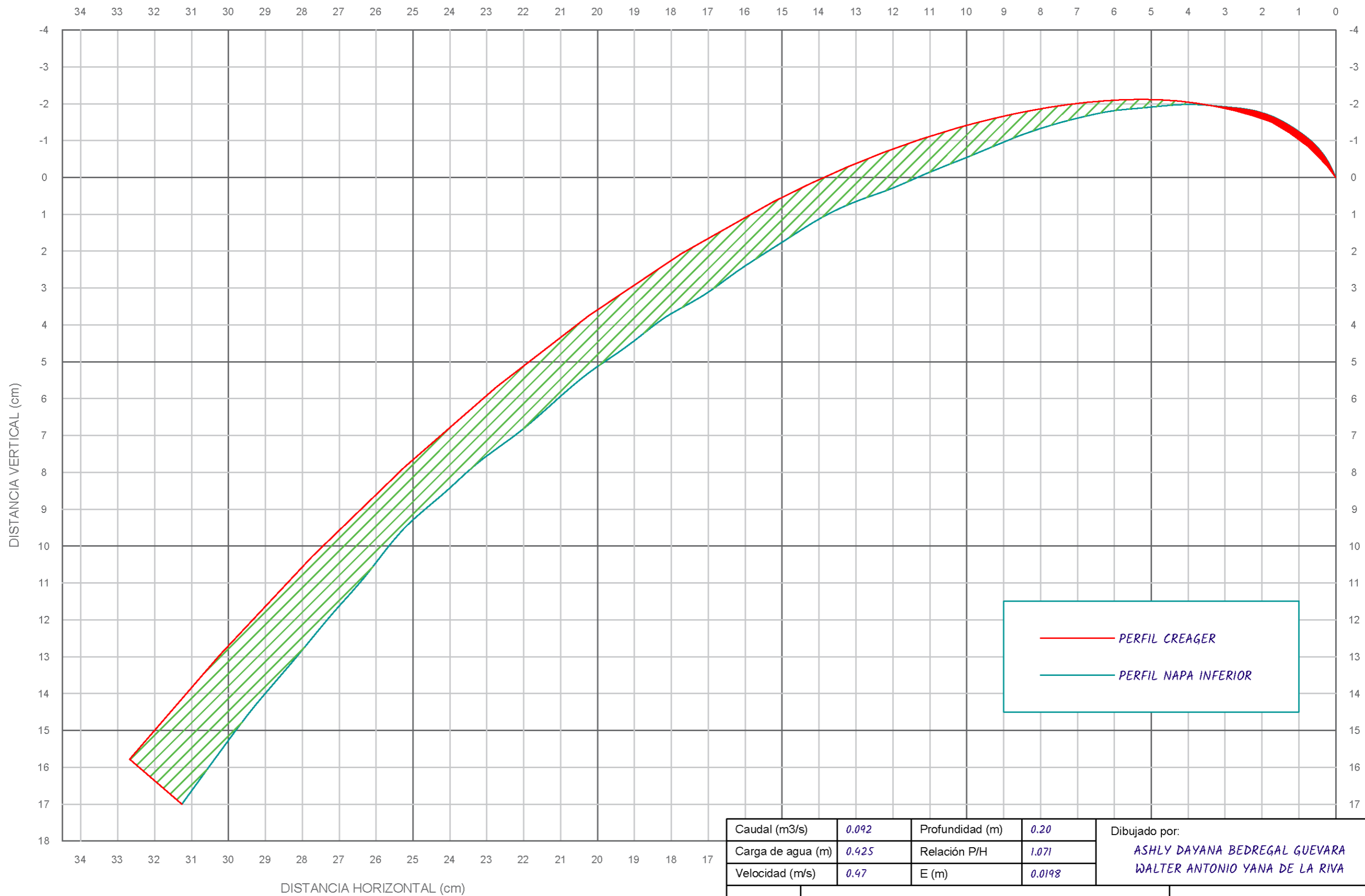
Escala: <i>1:1</i>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"	<i>P 25.00 - E 2/2</i>	
		Fecha: <i>09/08/2019</i>	A3
		Hora: <i>10:14:53</i>	



PERFIL CREAGER VS PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN V. P.D.  
VISTA LONGITUDINAL

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.066	Profundidad (m)	0.225	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.408	Relación P/H	1.511	
Velocidad (m/s)	0.35	E (m)	0.0205	

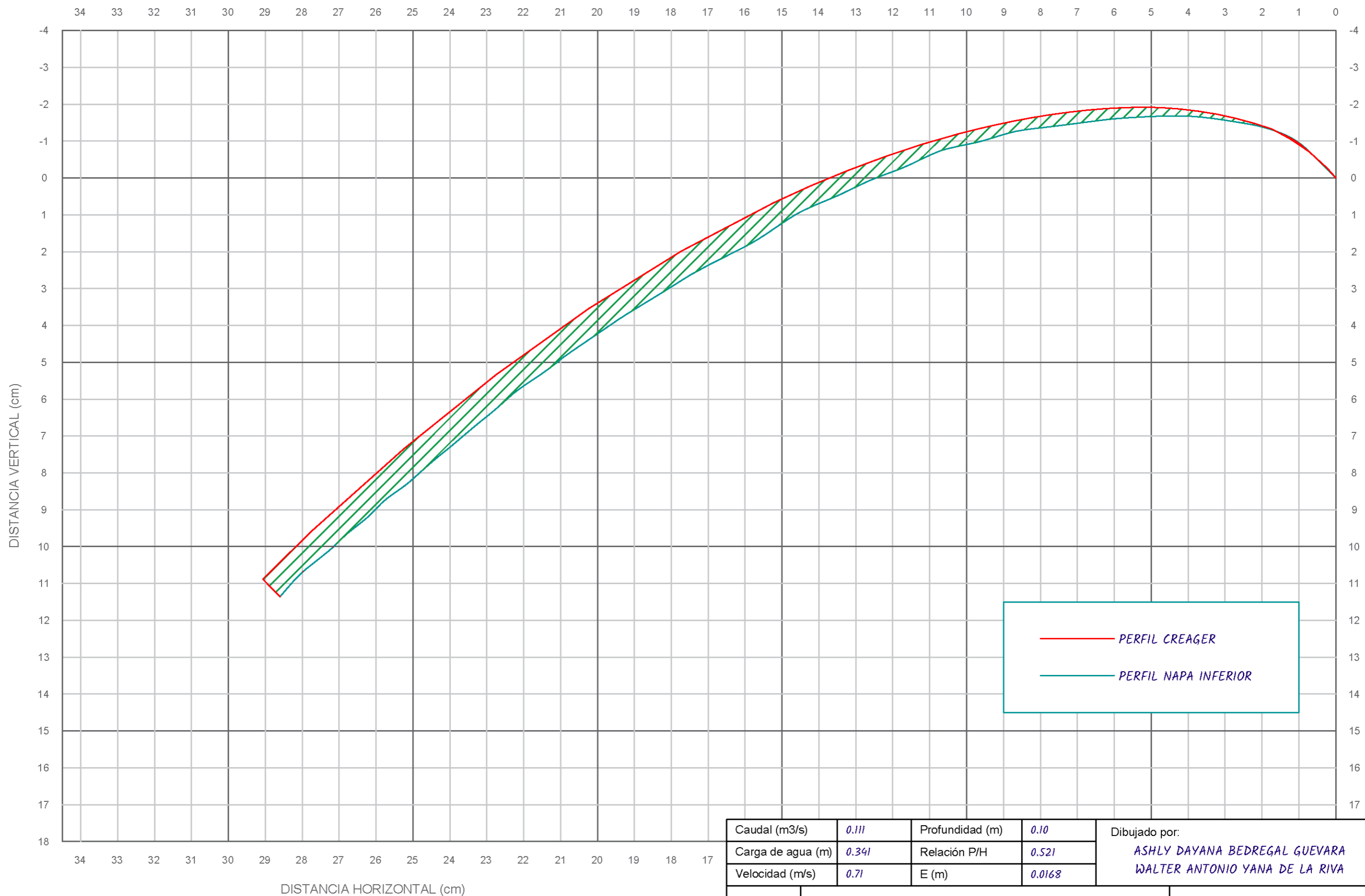
Escala: <b>1:1</b>	Proyecto de Investigación:	<b>P 22.50 - E 2/2</b>
	"ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"	
Fecha: 08/08/2019		A3
Hora: 09:38:56		



PERFIL CREAGER VS PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN V. P.D.  
VISTA LONGITUDINAL

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.092	Profundidad (m)	0.20	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.425	Relación P/H	1.071	
Velocidad (m/s)	0.47	E (m)	0.0198	

Escala: <b>1:1</b>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"	<b>P 20.00 - E 2/2</b>



PERFIL CREAGER VS PERFIL DE LA NAPA INFERIOR EN V. P.D.  
VISTA LONGITUDINAL

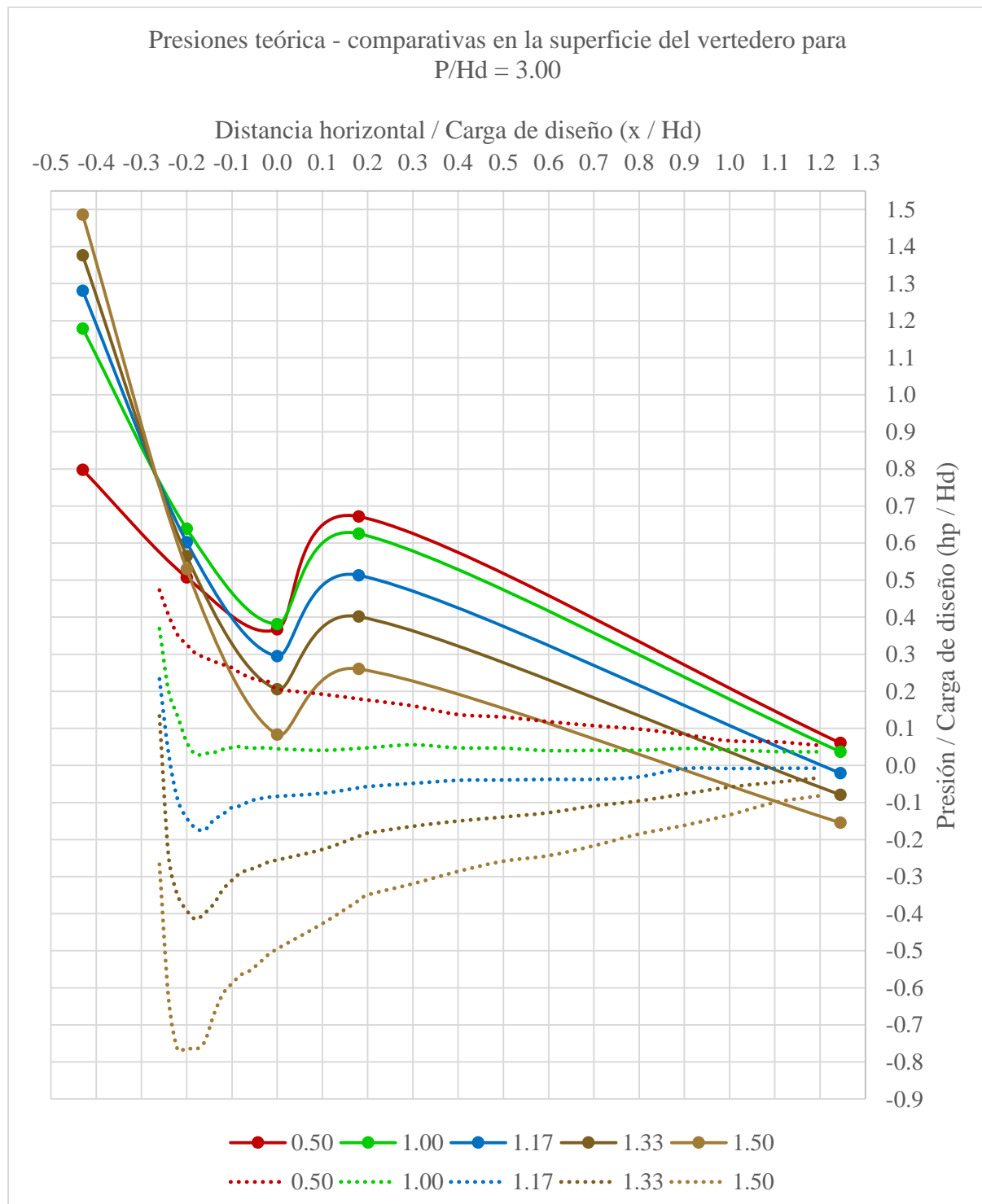
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.111	Profundidad (m)	0.10	Dibujado por: ASHLY DAYANA BEDREGAL GUEVARA WALTER ANTONIO YANA DE LA RIVA
Carga de agua (m)	0.341	Relación P/H	0.521	
Velocidad (m/s)	0.71	E (m)	0.0168	

Escala: <b>1:1</b>	Proyecto de Investigación: "ANÁLISIS DEL CAMPO DE PRESIONES EN VERTEDEROS DE PERFIL CREAGER EN DIFERENTES CONDICIONES GEOGRÁFICAS"	<b>P 10.00 - E 3/3</b>	
		Fecha: 05/08/2019	A3
		Hora: 11:41:48	

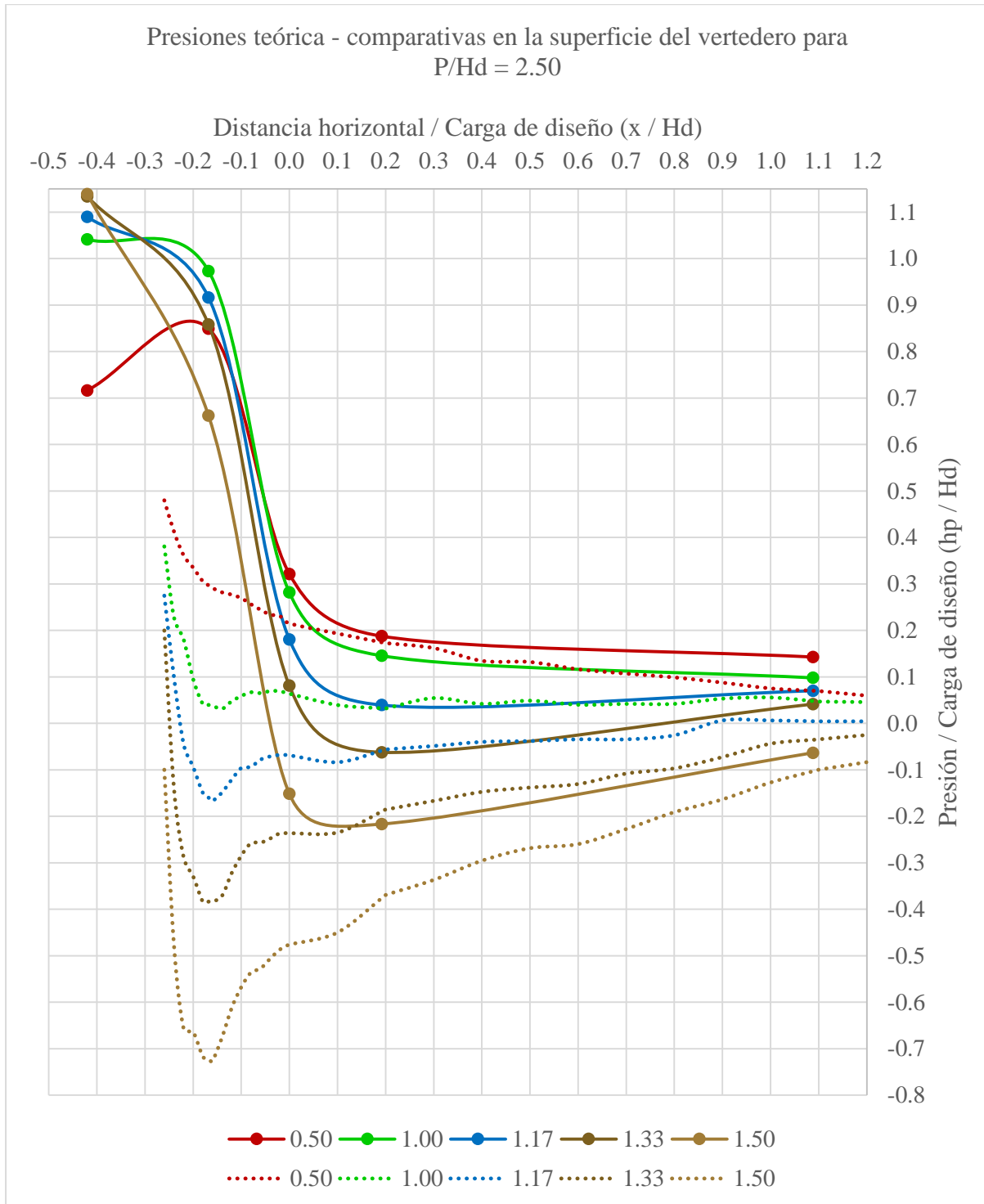
## APÉNDICE 2. COMPARACIÓN TEÓRICA – EXPERIMENTAL EN VERTEDEROS DE PERFIL TIPO CREAGER

Se presentan gráficos donde las líneas punteadas representan los resultados obtenidos por la W.E.S. y las líneas sólidas representan los datos procesados por nuestra autoría.

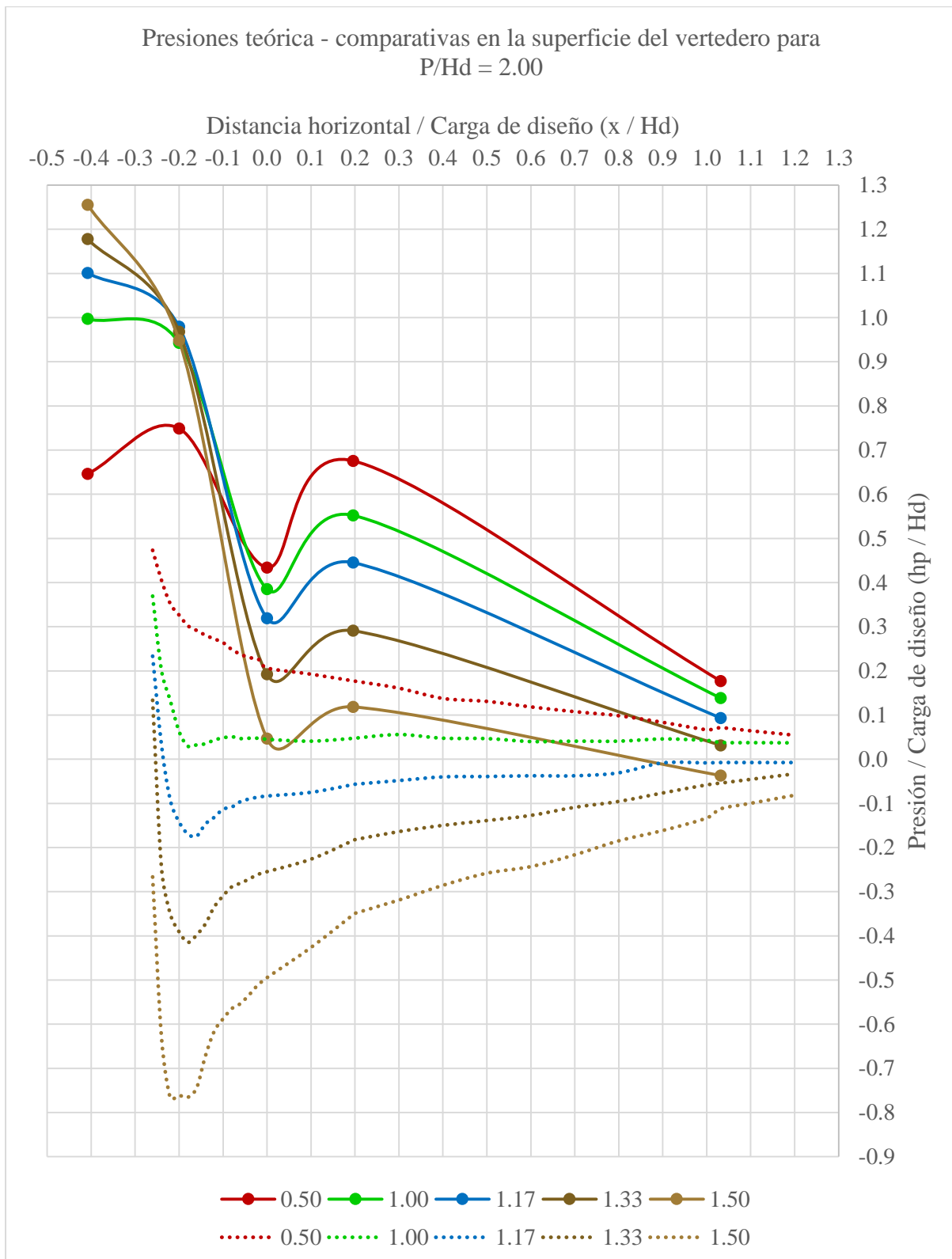
### APÉNDICE 2.1. Diseño 1 ( $P/H_d = 3.00$ )



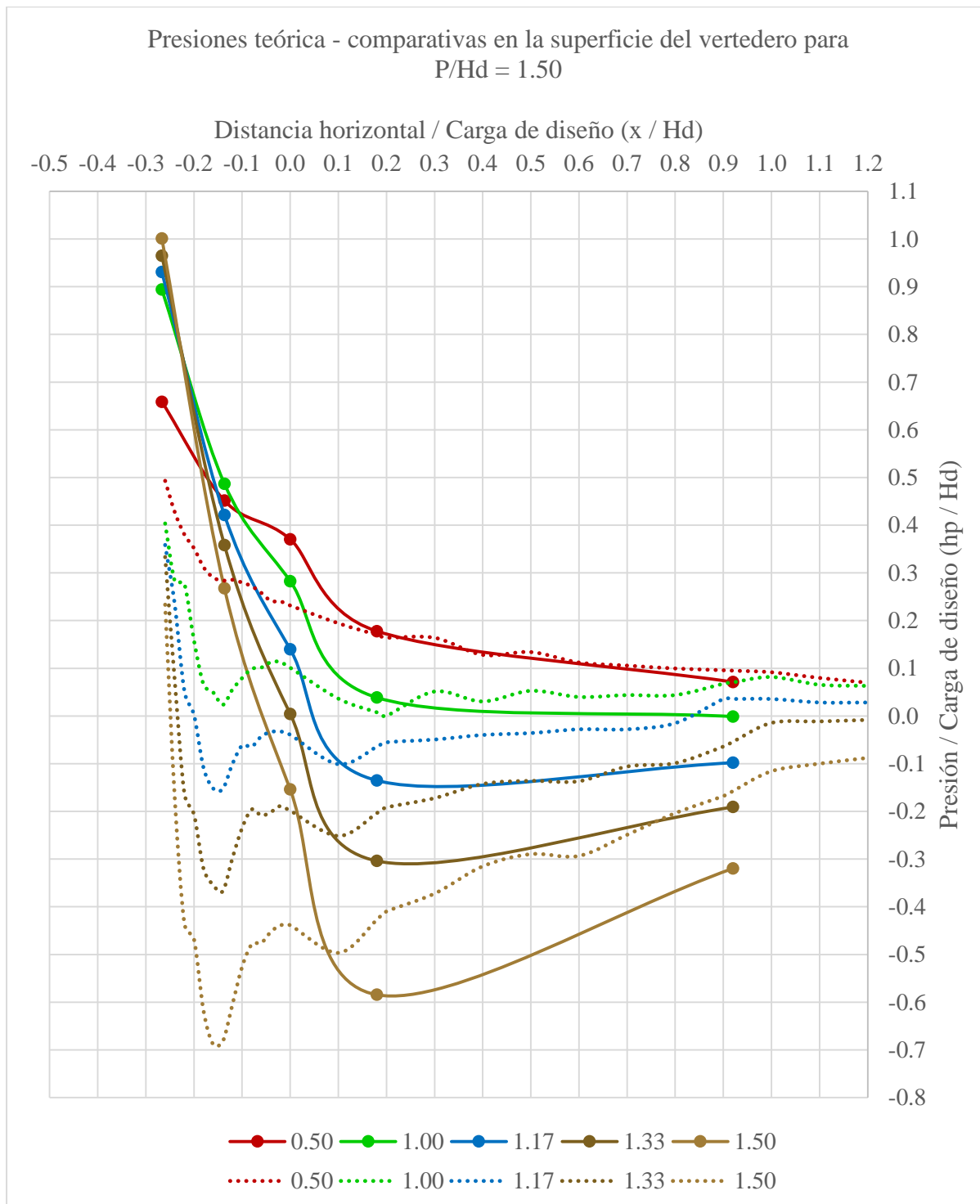
APÉNDICE 2.2. Diseño 2 ( $P/H_d = 2.50$ )



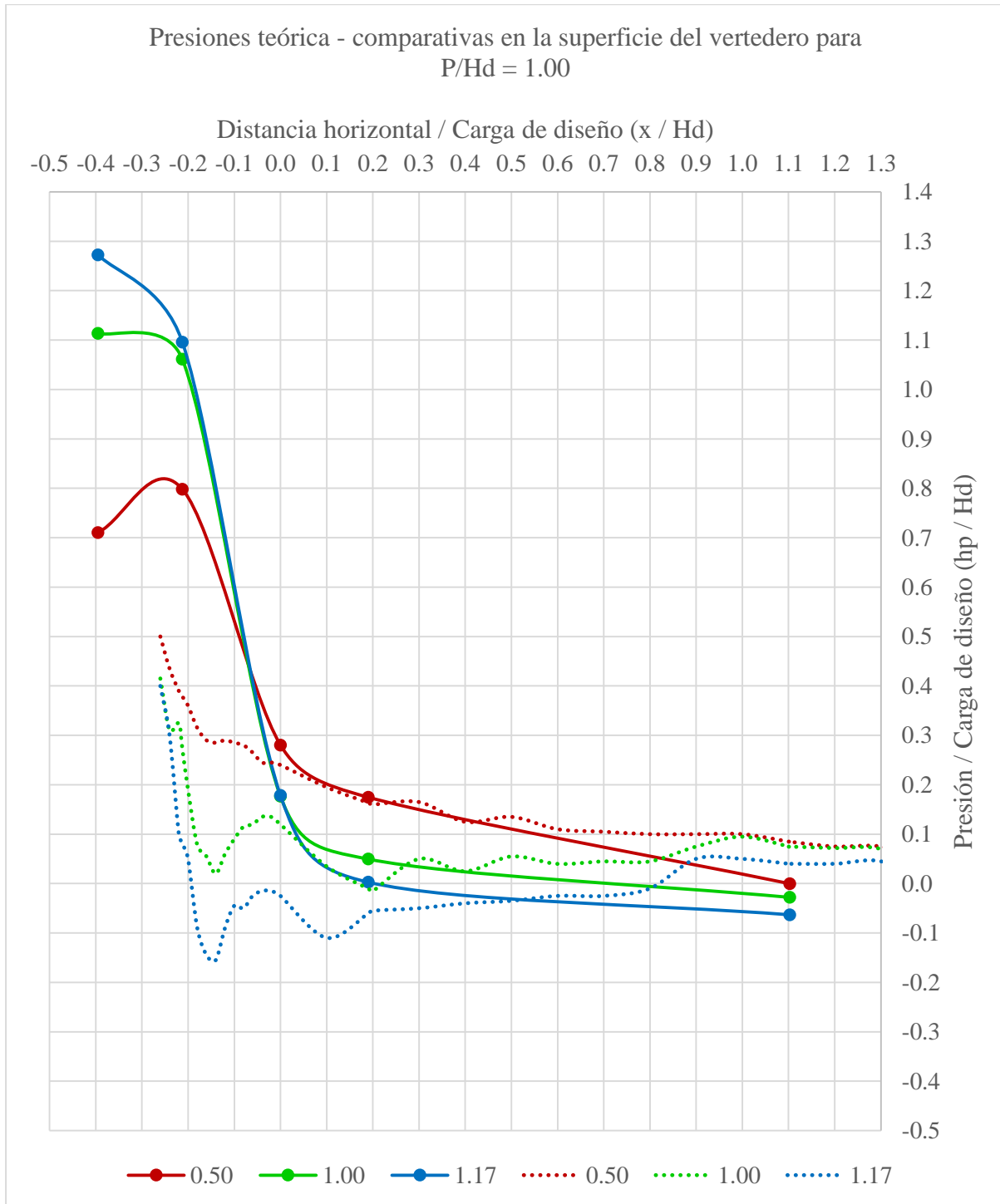
APÉNDICE 2.3. Diseño 3 ( $P/H_d = 2.00$ )



APÉNDICE 2.4. Diseño 4 ( $P/H_d = 1.50$ )



APÉNDICE 2.5. Diseño 5 ( $P/H_d = 1.00$ )



**APÉNDICE 2.6.** Diseño 6 ( $P/H_d = 0.50$ )

