

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**



**CALIBRACIÓN DE LAS COMPUERTAS DE REGULACIÓN  
N°01; N°02 Y N°03 DEL DIQUE TORATA EN FUNCIÓN DEL  
PORCENTAJE DE APERTURA Y CARGA HIDRÁULICA**

**Presentado por:**

**EDER DAVID MACAVILCA VILLA**

**Tesis para optar el título de:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**Lima – Perú**

**2015**

ND1  
M32  
T

## INDICE GENERAL

|        |  |    |
|--------|--|----|
| I.     | INTRODUCCIÓN .....                                 | 1  |
| 1.1    | Generalidades .....                                | 1  |
| 1.2    | Objetivos .....                                    | 1  |
| a.     | Objetivo general.....                              | 1  |
| b.     | Objetivos específicos .....                        | 1  |
| II.    | REVISIÓN DE LITERATURA .....                       | 2  |
| 2.1    | Ubicación de la zona estudio.....                  | 2  |
| 2.2    | Características del área de estudio.....           | 4  |
| 2.2.1  | Clima .....  | 4  |
| 2.2.2  | Dique Torata.....                                  | 4  |
| 2.2.3  | Derivación del Dique Torata .....                  | 5  |
| 2.2.4  | Compuertas de regulación .....                     | 6  |
| 2.3    | Vía de acceso.....                                 | 7  |
| 2.4    | Definiciones .....                                 | 8  |
| 2.5    | Calibración de un orificio con descarga libre..... | 8  |
| 2.6    | Prueba de orificio .....                           | 9  |
| 2.7    | Gasto o Caudal .....                               | 9  |
| 2.8    | Velocidad del chorro .....                         | 9  |
| 2.9    | Ecuación de continuidad .....                      | 10 |
| 2.10   | Orificios.....                                     | 10 |
| 2.10.1 | Definición y uso .....                             | 11 |
| 2.11   | Clasificación de orificios.....                    | 12 |
| 2.11.1 | Orificios con descarga libre.....                  | 12 |
| 2.11.2 | Orificios sumergidos o ahogados .....              | 12 |
| 2.11.3 | Orificio de pared delgada .....                    | 13 |
| 2.11.4 | Orificio de pared gruesa .....                     | 14 |
| 2.11.5 | Orificios de pared delgada.....                    | 14 |
| 2.12   | Funcionamiento Hidráulico.....                     | 15 |
| 2.13   | Ecuaciones de cálculo del caudal .....             | 15 |
| 2.13.1 | Coefficiente de contracción .....                  | 17 |
| 2.13.2 | Coefficiente de velocidad .....                    | 17 |
| 2.13.3 | Coefficiente de descarga.....                      | 18 |
| 2.14   | Curva típica .....                                 | 19 |
| 2.14.1 | Tubo de Venturi .....                              | 20 |
| 2.14.2 | Ranura .....                                       | 21 |
| III.   | MATERIALES Y MÉTODOS.....                          | 23 |
| 3.1    | Materiales .....                                   | 23 |

H3889

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 3.2   | Método .....   | 24  |
| 3.2.1 | Etapa de Campo.....  | 24  |
| a.    | Acondicionamiento de la sección de aforo .....   | 24  |
| b.    | Lectura de Tirantes .....  | 24  |
| c.    | Nivel de la hélice .....   | 25  |
| d.    | Nº de aforos .....   | 25  |
| 3.2.2 | Etapa de Gabinete.....   | 25  |
| a.    | Carga Hidráulica (H) .....   | 26  |
| b.    | Recopilación de datos de aforos .....  | 26  |
| c.    | Ordenar los datos recopilados según el porcentaje de apertura .....                      | 26  |
| d.    | Calculo del coeficiente de descarga.....   | 26  |
| IV.   | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 29  |
| 4.1   | Compuerta de regulación N°01 y N°02 .....  | 29  |
| 4.1.1 | Relación “Cd - %Ap - H” compuerta de regulación N°01 y N°02.....                         | 29  |
| a.    | Modelo polinómico.....   | 30  |
| 4.1.2 | Descarga a diferentes %Ap de las CR N°01 y N°02 .....                                    | 31  |
| 4.1.3 | Determinación del Cd “Compuerta de regulación N°01 y N°02” .....                         | 45  |
| 4.1.4 | Variación del coeficiente de descarga CR N°01 y N°02 .....                               | 46  |
| 4.1.5 | Caudales aforados y caudales determinados mediante ecuación para la CR N°01 y N°02 ..... | 47  |
| 4.1.6 | Variación de caudales .....  | 49  |
| a.    | Área (m <sup>2</sup> ) variable y Carga Hidráulica (m) constante .....                   | 49  |
| b.    | Carga hidráulica variable (m) y Área (m <sup>2</sup> ) constante.....                    | 54  |
| 4.2   | Compuerta de regulación N°03 .....   | 59  |
| 4.2.1 | Relación “Cd - %Ap - H” compuerta de regulación N°03.....                                | 59  |
| a.    | Modelo polinómico.....   | 60  |
| 4.2.2 | Descarga a diferentes %Ap de las compuertas de regulación N°03.....                      | 60  |
| 4.2.3 | Determinación del Cd “ Compuerta de regulación N°03” .....                               | 97  |
| 4.2.4 | Variación del coeficiente de descarga CR N°3 .....                                       | 98  |
| 4.2.5 | Caudales aforado vs caudales determinados mediante ecuación para la CR N°03 .....        | 98  |
| 4.2.6 | Variación de caudales .....  | 106 |
| a.    | Área(m <sup>2</sup> ) variable y carga Hidráulica (m) constante.....                     | 106 |
| b.    | Carga hidráulica variable (m) y Área (m <sup>2</sup> ) constante.....                    | 110 |
| V.    | CONCLUSIONES.....  | 114 |
| VI.   | RECOMENDACIONES .....  | 115 |
| VII.  | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 116 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura N° 1: Imagen satelital del Dique Torata  | 2  |
| Figura N° 2: Ubicación del área de estudio  | 3  |
| Figura N° 3: Demostración matemática de la ecuación de continuidad  | 10 |
| Figura N° 4: Esquema hidráulico   | 11 |
| Figura N° 5: Variables que intervienen en la descarga de flujo por orificio   | 11 |
| Figura N° 6: Orificio con descarga libre  | 12 |
| Figura N° 7: Orificio sumergido totalmente  | 13 |
| Figura N° 8: Orificio sumergido parcialmente.   | 13 |
| Figura N° 9: Orificio de pared delgada  | 14 |
| Figura N° 10: Orificio de pared gruesa  | 14 |
| Figura N° 11: Orificio de descarga libre y pared delgada  | 15 |
| Figura N° 12: Derivación del coeficiente de descarga  | 18 |
| Figura N° 13: Variación de los coeficientes de velocidad, contracción y gasto con el número de Reynolds   | 19 |
| Figura N° 14: Curva típica Caudal vs Carga Hidráulica.  | 20 |
| Figura N° 15: Tubo de Venturi.  | 21 |
| Figura N° 16: Curva de calibración típica de un Venturi.  | 21 |
| Figura N° 17: Curva de calibración típica de un orificio tipo ranura.   | 22 |
| Figura N° 18: Monitor del correntómetro marca OTT serie C31 (3 hélices)   | 23 |
| Figura N° 19: Correntómetro marca OTT serie C31 (3 hélices)   | 23 |
| Figura N° 20: Procedimiento de la etapa de campo.   | 24 |
| Figura N° 21: Orden para la medición de los tirantes  | 25 |
| Figura N° 22: Procedimiento de la etapa de gabinete.  | 26 |
| Figura N° 23: Carga hidráulica.   | 29 |
| Figura N° 24: Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 10% a 17.5%         | 32 |
| Figura N° 25: Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 10% a 17.5%.     | 32 |
| Figura N° 26: Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% a 27.5%       | 34 |
| Figura N° 27: Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% a 27.5%    | 34 |
| Figura N° 28: Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 30.0% a 37.5%       | 36 |
| Figura N° 29: Relación Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 30.0% a 37.5.0%  | 36 |
| Figura N° 30: Relación Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% a 45.0%.      | 38 |
| Figura N° 31: Relación Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% a 45.0.0%. | 38 |
| Figura N° 32: Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 47.5% a 55.0%.      | 40 |
| Figura N° 33: Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 47.5% a 55.0%.   | 40 |
| Figura N° 34: Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 57.5% a 65.0%.      | 42 |
| Figura N° 35: Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 57.5% a 65.0%.   | 42 |
| Figura N° 36: Relación Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 67.5% a 75.0%       | 44 |

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 37: Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 67.5% a 75.0% | 44 |
| Figura N° 38: Variación del coeficiente de descarga  | 46 |
| Figura N° 39: Relación de caudales aforados y determinados mediante ecuación   | 49 |
| Figura N° 40: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.08 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02                                | 50 |
| Figura N° 41: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd= 0.18 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02                               | 50 |
| Figura N° 42: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=27 y Carga Hidráulica (H) constante. CR puerta de regulación N°01 y N°02             | 51 |
| Figura N° 43: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.36 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02                                | 51 |
| Figura N° 44: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.45 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02                                | 52 |
| Figura N° 45: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.47 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02                                | 52 |
| Figura N° 46: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.49 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02                                | 53 |
| Figura N° 47: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.54 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02                                | 53 |
| Figura N° 48: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=0.08 y Área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°01 y N°02                                | 54 |
| Figura N° 49: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=0.18 y Área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°01 y N°02                                | 55 |
| Figura N° 50: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=27 y Área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°01 y N°02                                  | 55 |
| Figura N° 51: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=0.36 y Área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°01 y N°02                                | 56 |
| Figura N° 52: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=0.45 y Área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°01 y N°02                                | 56 |
| Figura N° 53: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=0.47 y Área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°01 y N°02                                | 57 |
| Figura N° 54: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=0.49 y Área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°01 y N°02                                | 57 |
| Figura N° 55: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=0.54 y Área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°01 y N°02                                | 58 |
| Figura N° 56: Carga hidráulica.  | 59 |
| Figura N° 57: Relación carga hidráulica (m) Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 8.0% a 9.5%.               | 62 |
| Figura N° 58: Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 8.0% - 9.5%.         | 62 |
| Figura N° 59: Relación Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 10.0% a 11.5%.          | 64 |
| Figura N° 60: Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 10.0% - 11.5%.       | 64 |
| Figura N° 61: Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 12.0% a 13.5%.          | 66 |
| Figura N° 62: Relación Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 12.0% - 13.5%.       | 66 |
| Figura N° 63: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03 para el porcentaje de apertura que varía de 14.0% - 15.5%   | 68 |

|   |    |
|---|----|
| Figura N° 64: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 14.0% – 15.5%        | 68 |
| Figura N° 65: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s) de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 16.0% – 17.5%      | 70 |
| Figura N° 66: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s) para la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 16.0% a 17.5% | 70 |
| Figura N° 67: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 18.0% – 19.5%           | 72 |
| Figura N° 68: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 18.0% a 19.5%        | 72 |
| Figura N° 69: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% – 23.0%           | 74 |
| Figura N° 70: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% a 23.0%        | 74 |
| Figura N° 71: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 24.0% - 27.0%           | 76 |
| Figura N° 72: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03 para el porcentaje de apertura de 24.0% a 27.0%                   | 76 |
| Figura N° 73: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 28.0% - 31.0%        | 78 |
| Figura N° 74: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 28.0% a 31.0%        | 78 |
| Figura N° 75: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 32.0% - 35.0%        | 80 |
| Figura N° 76: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 32.0% a 35.0%        | 80 |
| Figura N° 77: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 36.0% - 39.0%        | 82 |
| Figura N° 78: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 36.0% a 39.0%        | 82 |
| Figura N° 79: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% - 43.0%           | 84 |
| Figura N° 80: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% a 43.0%        | 84 |
| Figura N° 81: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 44.0% - 47.0%           | 86 |
| Figura N° 82: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 44.0% - 47.0%        | 86 |
| Figura N° 83: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03 para el porcentaje de apertura que varía de 48.0% - 51.0%            | 88 |
| Figura N° 84: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 48.0% - 51.0%        | 88 |
| Figura N° 85: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 52.0% a 55.0%           | 90 |
| Figura N° 86: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 52.0% - 55.0%        | 90 |
| Figura N° 87: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 56.0% a 59.0%           | 92 |
| Figura N° 88: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 56.0% a 59.0%           | 92 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura N° 89: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 60.0% a 63.0%    | 94  |
| Figura N° 90: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 60.0% a 63.0%    | 94  |
| Figura N° 91: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 64.0% a 67.0%    | 96  |
| Figura N° 92: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 64.0% a 67.0% | 96  |
| Figura N° 93: Variación del coeficiente de descarga  | 98  |
| Figura N° 94: Relación de caudales aforados y caudales   | 106 |
| Figura N° 95: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.08, área variable y carga hidráulica (H) constante, CR N°03                          | 107 |
| Figura N° 96: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.21, área variable y Carga Hidráulica (H) constante, CR N°03                          | 107 |
| Figura N° 97: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.31, área variable y Carga Hidráulica (H) constante, CR N°03                          | 108 |
| Figura N° 98: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.40 y Carga Hidráulica (H) constante, CR N°03   | 108 |
| Figura N° 99: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.44, área variable y Carga Hidráulica (H) constante, CR N°03                          | 109 |
| Figura N° 100: Relación Caudal (L/s) vs Área (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.46, área variable y Carga Hidráulica (H) constante, compuerta de regulación N°03    | 109 |
| Figura N° 101: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=0.08 y área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°03  | 110 |
| Figura N° 102: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.21 y área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°03                          | 111 |
| Figura N° 103: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.31 y área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°03                          | 111 |
| Figura N° 104: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=0.40 y área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°03  | 112 |
| Figura N° 105: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un Cd=0.44 y área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°03  | 112 |
| Figura N° 106: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m <sup>2</sup> ), para un Cd=0.46 y área (m <sup>2</sup> ) constante, CR N°03                          | 113 |
| Figura N° 107: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 10.0%   | 166 |
| Figura N° 108: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 11.5%   | 166 |
| Figura N° 109: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 11.5%   | 168 |
| Figura N° 110: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 12.5%   | 168 |
| Figura N° 111: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 13.0%   | 169 |
| Figura N° 112: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 13.5%   | 169 |
| Figura N° 113: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 16.0%   | 170 |
| Figura N° 114: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 20.0%   | 170 |
| Figura N° 115: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 30.0%   | 171 |
| Figura N° 116: Familia de curvas Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s)  | 174 |
| Figura N° 117: Familia de curvas Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s)  | 175 |
| Figura N° 118: Familia de curvas Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s)  | 176 |
| Figura N° 119: Familia de curvas Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s)  | 178 |
| Figura N° 120: Familia de curvas Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s)  | 179 |
| Figura N° 121: Sección de hidraulica Salida de Túnel   | 182 |
| Figura N° 122: Personal encargado del aforo  | 182 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura N° 123: Vista de una maxima avenida del rio _____             | 182 |
| Figura N° 124: Vista panorámica del Terraplén del Dique Torata _____ | 183 |
| Figura N° 125: Vista panorámica de la cola del Dique Torata _____    | 183 |
| Figura N° 126: Vista panorámica de la cola del Dique Torata _____    | 183 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla N° 1: Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 10.0% a 17.5% _____ | 31 |
| Tabla N° 2: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% a 27.5% _____ | 33 |
| Tabla N° 3: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 30.0% a 37.5% _____ | 35 |
| Tabla N° 4: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% a 45.0% _____ | 37 |
| Tabla N° 5: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 47.5% a 55.0% _____ | 39 |
| Tabla N° 6: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 57.5% a 65.0% _____ | 41 |
| Tabla N° 7: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 57.5% a 65.0% _____ | 43 |
| Tabla N° 8: Caudales determinados y aforados para la _____  | 45 |
| Tabla N° 9: Caudales determinados y aforados para _____   | 47 |
| Tabla N° 10: Caudales determinados y aforados para _____  | 48 |
| Tabla N° 11: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación _____   | 61 |
| Tabla N° 12: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 10.0% a 11.5%. _____      | 63 |
| Tabla N° 13: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 12.0% a 13.5%. _____      | 65 |
| Tabla N° 14: Calculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 14.0% a 15.5% _____       | 67 |
| Tabla N° 15: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 16.0% a 17.5% _____       | 69 |
| Tabla N° 16: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 18.0% a 19.5% _____       | 71 |
| Tabla N° 17: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% a 23.0% _____       | 73 |
| Tabla N° 18: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 24.0% a 27.0% _____       | 75 |
| Tabla N° 19: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 28.0% a 31.0% _____       | 77 |
| Tabla N° 20: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 32.0% a 35.0% _____       | 79 |
| Tabla N° 21: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 36.0% a 39.0% _____       | 81 |
| Tabla N° 22: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% a 43.0% _____       | 83 |
| Tabla N° 23: Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 44.0% a 47.0% _____       | 85 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla N° 24: Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 48.0% a 51.0%   | 87  |
| Tabla N° 25: Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 52.0% a 55.0%   | 89  |
| Tabla N° 26: Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 56.0% a 59.0%   | 91  |
| Tabla N° 27: Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 60.0% a 63.0%   | 93  |
| Tabla N° 28: Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 64.0% a 67.0%   | 95  |
| Tabla N° 29: Coeficiente de descarga  | 97  |
| Tabla N° 30 : Caudales determinados y aforados CR N°03  | 99  |
| Tabla N° 31: Caudales determinados y aforados CR N°03   | 100 |
| Tabla N° 32: Caudales determinados y aforados CR N°03   | 101 |
| Tabla N° 33: Caudales determinados y aforados CR N°03   | 102 |
| Tabla N° 34: Caudales determinados y aforados CR N°03   | 103 |
| Tabla N° 35: Caudales determinados y aforados CR N°03   | 104 |
| Tabla N° 36: Caudales determinados y aforados CR N°03   | 105 |
| Tabla N° 37: Registro de aforos CR N°01 y N°02  | 120 |
| Tabla N° 38: Registro de aforos CR N°03   | 123 |
| Tabla N° 39: Coeficiente de descarga real, CR. N°01 y N°02 (8.0% a 22.0%Ap.)  | 131 |
| Tabla N° 40: Coeficiente de descarga real, CR N°03 (10% a 12.5%AP)  | 134 |
| Tabla N° 41: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un Cd=0.08, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante  | 143 |
| Tabla N° 42: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un Cd=0.18, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante  | 143 |
| Tabla N° 43: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un Cd=0.27, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante  | 144 |
| Tabla N° 44: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un Cd=0.36, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante  | 144 |
| Tabla N° 45: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un Cd=0.45, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante. | 145 |
| Tabla N° 46: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un Cd=0.47, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante. | 145 |
| Tabla N° 47: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un Cd=0.49, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante. | 146 |
| Tabla N° 48: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un Cd=0.54, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante. | 146 |
| Tabla N° 49: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.08, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.        | 148 |
| Tabla N° 50: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.21, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.        | 148 |
| Tabla N° 51: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.31, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.        | 149 |
| Tabla N° 52: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.40, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.        | 149 |
| Tabla N° 53: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.44, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.        | 150 |
| Tabla N° 54: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.46, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.        | 150 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla N° 55: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.08, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 153 |
| Tabla N° 56: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.18, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 153 |
| Tabla N° 57: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.27, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 154 |
| Tabla N° 58: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.36, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 154 |
| Tabla N° 59: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.45, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 155 |
| Tabla N° 60: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.47, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 155 |
| Tabla N° 61: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.49, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 156 |
| Tabla N° 62: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.54, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 156 |
| Tabla N° 63: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.08, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 158 |
| Tabla N° 64: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.21, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 158 |
| Tabla N° 65: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.31, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 159 |
| Tabla N° 66: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.44, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 159 |
| Tabla N° 67: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.44, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 160 |
| Tabla N° 68: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.46, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m <sup>2</sup> ) constante. | 160 |
| Tabla N° 69: Variación de área según el porcentaje de apertura,   | 162 |
| Tabla N° 70: variación de área según el porcentaje de apertura,   | 163 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A** (Registro de aforos)
- Anexo B** (Coeficiente de descarga real)
- Anexo C** (Variación de caudal, área hidráulica variable)
- Anexo D** (Variación de caudal, carga hidráulica variable)
- Anexo E** (Variación del área según el porcentaje de apertura)
- Anexo F** (Determinación del coeficiente de descarga 2<sup>do</sup> método)
- Anexo G** (Familia de curvas carga hidráulica vs Caudal)
- Anexo H** (Panel Fotográfico)

## LISTA DE SIMBOLOS

|     |                         |
|-----|-------------------------|
| H   | Carga hidráulica        |
| Cd  | Coeficiente de descarga |
| CR  | Compuerta de regulación |
| %Ap | Porcentaje de apertura  |
| %E  | Porcentaje de error     |

## RESUMEN

El presente trabajo contempla la calibración de las compuertas de regulación (N°01, N°02 y N°03) del Dique Torata, mediante aforos realizados en la sección de control Salida de Túnel. Los caudales calculados mediante la ecuación de orificio, fueron determinados con información recopilada en campo sin modificación alguna, el método utilizado fue en principio determinar los coeficientes de descarga ( $C_d$ ) para cada caudal aforado en la sección de control, luego se ordenó todo los coeficientes de descargas, según el porcentaje de apertura. Para posteriormente realizar una regresión múltiple en función de la carga hidráulica y porcentaje de apertura.

Al realizar las comparaciones del caudal aforado vs caudal calculado mediante tabla, para la compuerta de regulación N°03, los porcentajes de errores oscila entre 0.1% - 9%, asimismo para la compuerta de regulación N°01 y N°02 los porcentajes de errores oscila entre 4% - 13%.

Asimismo se presentan la relación de caudales aforados y determinados mediante ecuación, del mismo modo las gráficas de variación de caudales manteniendo constante una de las variables que intervienen en la ecuación general de orificios.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Generalidades

En Junio de 1998, la empresa minera SOUTHERM Perú presento el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Control de Avenidas, el cual consistía en la construcción de una represa de regulación y un sistema de conducción de agua que desviaba el agua del Río Torata (aprox. 8 Km) alrededor de las instalaciones de la mina durante el resto de vida útil. Este proyecto permitía la ampliación del tajo de la mina y el uso del cauce del río seco como botadero.

Actualmente el Dique Torata cuenta con tres compuertas de regulación, la compuerta N°01, N°02 y N°03. Estas compuertas desde un inicio contaban con sensores en las tuberías de descarga cuyo fin era medir el caudal de salida del Dique. Cabe señalar que las compuertas de regulación no cuenta con un coeficiente de descarga de fábrica, por el cual continuamente se realizan monitoreo y aforos en la zona Salida de Túnel ubicado a 4Km aguas abajo del Dique. Con el fin de encontrar el coeficiente de descarga o una expresión que permita determinar el mismo.

## 1.2 Objetivos

### a. Objetivo general

- Calibración de las compuertas de regulación N°01; N°02 y N°03 del Dique Torata en función del porcentaje de apertura y carga hidráulica, con el fin de regular el caudal de egreso del reservorio y el control de avenidas.

### b. Objetivos específicos

- Determinar la relación, carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para diferentes porcentajes de apertura.
- Calcular el Cd (coeficiente de descarga), para los aforos realizados.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Ubicación de la zona estudio

La represa Torata se ubica en la zona central de la cuenca del Río Moquegua, ocupando principalmente la parte superior y media de la cuenca del Río Torata, uno de sus principales formadores.

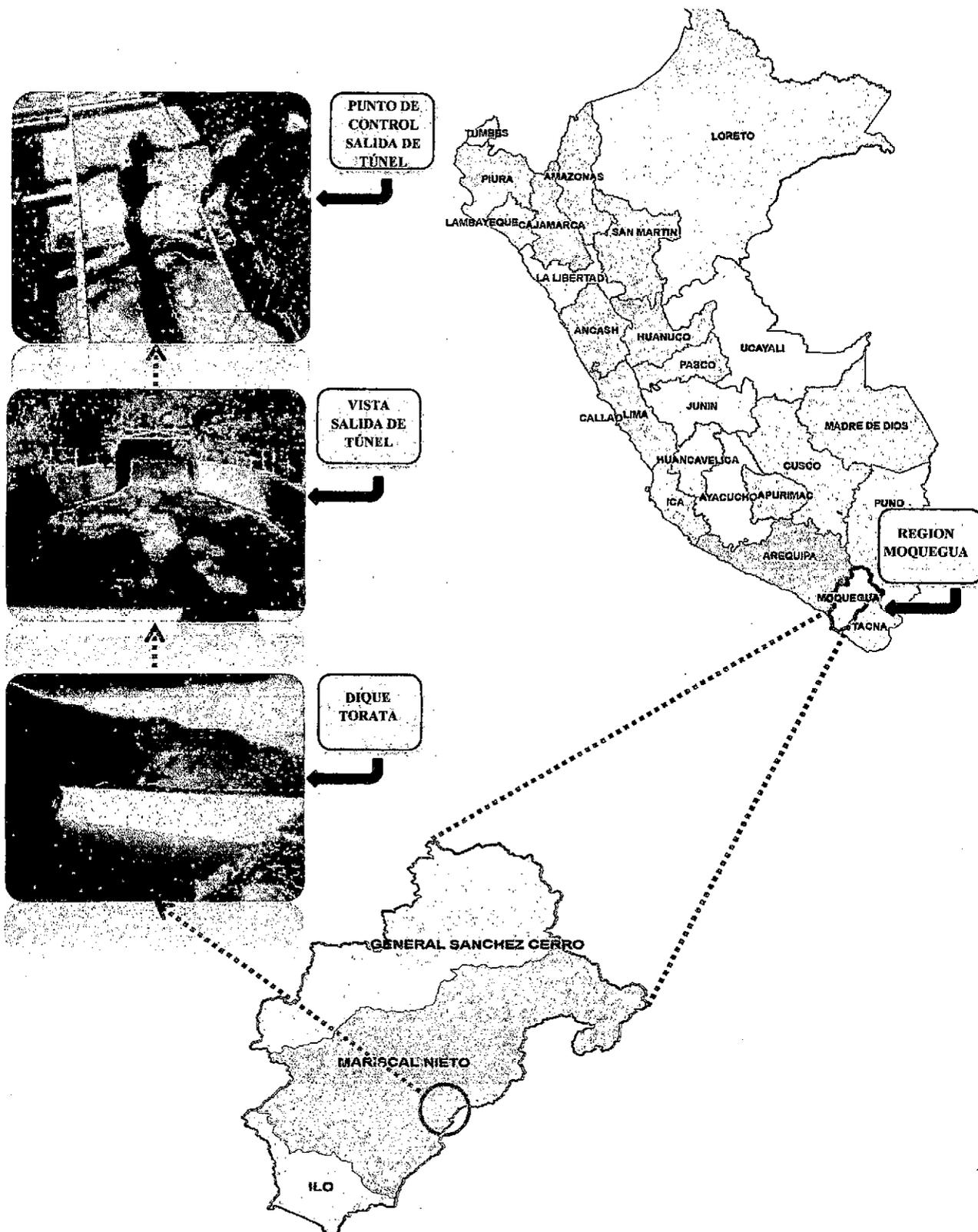
Geográficamente se localiza en las siguientes coordenadas latitud: 17°01'13" y longitud: 70°41'06". Altitudinalmente se encuentra a 3420 m.s.n.m. Políticamente se encuentra en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, en la región de Moquegua, en las instalaciones de la unidad minera SOUTHERN PERU.

**Figura N° 1:** Imagen satelital del Dique Torata



Fuente: Google Earth Profesional.

Figura N° 2: Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración Propia.

## **2.2 Características del área de estudio**

### **2.2.1 Clima**

Según Dyhr et al (2008), el clima de la cuenca del río Torata es semidesértico a semiárido, con precipitación promedio anual que varía de 250mm, en zonas altas a 100mm en las zonas bajas. Igualmente la temperatura promedio anual fluctúa en 4°C grados centígrados en la parte más alta, a 15°C grados, en la parte más baja. Esto origina que los suelos tengan unos regímenes de temperatura mésico (entre 8°C y 15°C grados de promedio anual) y crítico (entre 0 y 8 grados centígrados de promedio anual).

### **2.2.2 Dique Torata**

El Dique está ubicado sobre el Río Torata a unos 4km aguas arriba del tajo de la mina, en una zona apropiada del río, donde el cauce tiene un estrechamiento de aproximadamente 10m de ancho y se encuentra a una elevación aproximada de 3430m.s.n.m. las características del Dique de control de avenidas son las siguientes.

- La cresta del Dique es de 420m x 130m y una altura aproximada de 155m.
- La elevación inicial de la cresta del Dique se encuentra aproximadamente a 3538m.s.n.m y se calcula que podría alcanzar una elevación máxima de 3565 m.s.n.m, de acuerdo a las tasas de sedimentación del vaso.
- El Dique es del tipo de relleno de roca o escollera con un paramento de concreto aguas arriba, usando en el centro, desmonte de mina previamente seleccionado.
- El reservorio del Dique Torata tiene una capacidad de 16MMC, lo que permite laminar la avenida máxima probable.

La altura del Dique fue diseñada para retener el evento de la Precipitación Máxima Probable (PMP). Los flujos son interceptados por el reservorio del Dique y derivados hacia el túnel a través de una de las ventanas de captación de agua. La operación del reservorio durante el periodo de lluvias, consiste en mantener el nivel entre las cotas mínima y máxima, es decir entre las cotas de 3486 y 3495 msnm respectivamente, optimizando la capacidad de almacenamiento de avenidas.

Durante el periodo de estiaje se realiza la campaña anual de extracción de sedimentos, retirando un promedio de 50 000m<sup>3</sup> de sedimentos, de la zona cola de reservorio. Se espera que la derivación del Río Torata opere durante todo el ciclo de vida de la UP Cuajone, sin embargo, en el futuro se podrá modificar (expandir) su configuración actual.

### **2.2.3 Derivación del Dique Torata**

La derivación del Río Torata es un componente diseñado y construido para derivar el agua del Río Torata (aprox. 8 Km), alrededor de las instalaciones de la mina durante el resto de vida útil. Este proyecto permitía la ampliación del tajo de la mina y el uso del cauce del río seco como botadero.

La Instalación comprende de un Dique de tierra con impermeabilización de concreto en la cara aguas arriba, ventanas de captación (Compuerta de regulación N°01, N°02 y N°03) de agua, ubicado en el lado norte de la presa.

El tramo que conecta la ventana de captación y el punto de control Salida de Túnel, es un tramo conformado por un túnel de 4km de longitud, asimismo el sistema cuenta con un segundo tramo conformado por tubería de polietileno de alta densidad (High Density Polyethylene HDPE), que une la Salida del Túnel y el canal de retorno al cauce principal, esta distancia es aproximadamente de 4km, la zona de Ichupampa es el punto donde las aguas del Río Torata regresa a su cauce natural.

#### 2.2.4 Compuertas de regulación

El sistema de conducción capta el flujo del Río Torata a través de las ventanas de captación ubicadas en el estribo derecho del Dique y desvía el flujo, en un tramo de aproximadamente de 8km, para entregarla de manera regulada al cauce original del Río Torata. Este sistema tiene las siguientes características:

- La estructura de las ventanas de captación está controlada por compuertas y tiene bocatomas en dos niveles de ingreso. Se han construido dos ventanas de captación, una encima de la otra sobre un corte de talud dentro del contrafuerte derecho. La ventana inferior tiene una cota de 3456.5 m.s.n.m. los cuales se encuentran ubicados la compuerta de regulación N°01 y N°03 y la elevación de la ventana superior es de 3496 m.s.n.m. ubicado la compuerta de regulación N°02, cada ventana es capaz de ser cerrada a alta presión, mediante compuertas de distribución de rueda-fija montadas sobre una estructura de bocatomas de concreto inclinado detrás de una rejilla. La estructura se conecta a una cámara de control por medio de un ducto inclinado de concreto, en donde válvulas (cónicas) reguladoras permiten un flujo máximo por gravedad de hasta 10m<sup>3</sup>/s.
- En las compuertas de regulación se encuentran instalados sensores, con el fin de determinar el caudal de salida del Dique, sin embargo con el correr de los años estos equipos empezaron arrojar caudales diferentes a los caudales aforados en el punto de control Salida de Túnel.
- Las compuertas de regulación N°01 y N°02 tienen un diámetro de 0.90m y se encuentran ubicados en las siguientes cotas 3456.5 y 3496m.s.n.m. respectivamente. Del mismo modo la compuerta de regulación N°03 presenta un diámetro de 0.44m y se encuentra a una cota de 3456.5 m.s.n.m.
- Antes de que el flujo de agua derivado pase al túnel, este ingresa a una cámara de disipación de energía. El túnel, construido en la roca base y

revestido con concreto en algunas zonas, tiene una longitud de 4km y un diámetro interior de 3m.

- Al final del túnel, el flujo de agua se deriva a dos tuberías de 1.33m de diámetro y de 4km de longitud. El flujo en las tuberías es por gravedad y discurre sobre el talud norte de la quebrada hasta un punto de entrega ubicado aproximadamente a 310m sobre el cauce natural del Río Torata.
- A la salida de las tuberías, el flujo de agua derivado ingresa a una estructura de disipación de energía, y luego se une al cauce del Río Torata a una elevación aproximada de 3060 m.s.n.m.
- Cabe mencionar que la estructura instalada para el control del flujo (Compuertas de regulación) no cuentan con un Cd de fábrica. El continuo monitoreo del flujo en el punto de control Salida de Túnel. Sirve para crear una base de datos y en función a ello realizar la calibración de las compuertas de regulación.

### **2.3 Vía de acceso**

La vía de comunicación de mayor importancia para el área de estudio es la Panamericana Sur (Primer Orden). Siendo accesible desde la ciudad de Lima mediante una vía asfaltada Lima - Ilo - Moquegua; podemos mencionar que se articula tres ejes básicos de carreteras, de accesibilidad hacia el área de estudio:

- El primer eje vial, es la Panamericana Sur que presenta una carretera asfaltada, que une las ciudades de Lima y Ilo-Moquegua.
- El segundo eje vial es la ruta Moquegua - Cuajone que presenta una carretera asfaltada, que une la ciudad principal de Moquegua – y el campamento minero de Cuajone (propiedad de la minera SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION).

- El tercer eje vial es una trocha carrozable que une el Campamento Minero “Cuajone”- Zona de proyecto.

## 2.4 Definiciones

- **Aforo:** Determinar el volumen que pasa por una sección.
- **Carga hidráulica:** Es la altura de agua medida desde el centro de gravedad de la tubería de descarga hasta el espejo de agua.
- **Caudal:** Es la cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo.
- **Coefficiente de descarga:** El coeficiente de descarga es un factor adimensional característico de la válvula, que permite calcular el caudal (Q) de descarga en función del nivel del fluido.
- **Calibración:** Es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar).
- **Porcentaje de apertura (% AP):** Es el proceso de regulación del caudal.
- **Compuertas de regulación:** Es un Mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema
- **Máxima avenida:** La mayor cantidad de precipitación posible, correspondiente a una determinada duración, para una cuenca determinada y una época del año.
- **Orificio:** Es una abertura de forma regular, que se practica en la pared o el fondo del recipiente, a través del cual eroga el líquido contenido en dicho recipiente.

## 2.5 Calibración de un orificio con descarga libre

El presente estudio tiene importancia no solo por el interés teórico que reviste, sino también por su aplicación práctica en el aforo de caudales.

Hidráulicamente un orificio es una abertura practicada en las paredes (o fondo) de un depósito que contiene un fluido y a través del cual, este fluye por acción de la energía potencial y cinética que posee; en todos los casos la totalidad del perímetro interior de la abertura está en contacto con el fluido que escurre; en caso de que así no ocurriera, la salida se produciría por el vertedero.

Si se prescinde de la contracción que experimenta la vena líquida y no se considera la disipación de energía que se produce durante el flujo, el problema de establecer la

fórmula del caudal que pasa por un orificio en caso de descarga libre, teóricamente puede ser resuelto aplicando el Teorema de Bernoulli.

Pero las pérdidas por rozamiento, ni mucho menos la contracción de la vena líquida pueden ser dejados de lado de determinación de las expresiones buscadas, ya que en su conjunto hacen que el caudal efectivo que pasa a través de un orificio de pared delgada sea solo el 60% aproximadamente del que teóricamente ocurriría de no producirse aquellas.

## **2.6 Prueba de orificio**

Entre los aditamentos más comúnmente usados para medir descarga se tienen los orificios, el cual consiste en una abertura, generalmente circular en una de las paredes de un tanque. Una de sus características es el espesor de la pared la cual es muy pequeña comparado con el tamaño de la abertura.

El flujo que se genera en un orificio nunca se encuentra encerrado por un límite sólido debido al comportamiento de la velocidad del mismo, cuya característica es generar un perfil de velocidad curvo siendo mayor en el centro.

## **2.7 Gasto o Caudal**

Es la cantidad de fluido en una unidad de tiempo, normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área en la unidad de tiempo.

## **2.8 Velocidad del chorro**

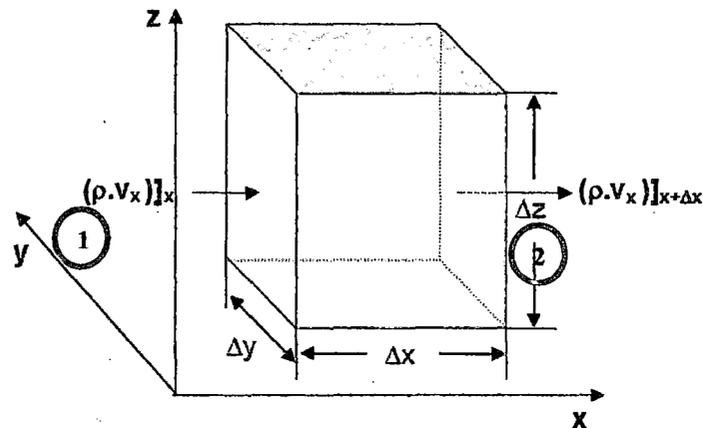
Se define como velocidad promedio a la velocidad que se presenta en la vena contracta, se puede afirmar que la velocidad en este punto es prácticamente constante con excepción de una disminución que se presenta en la parte exterior. Con respecto a la presión es igual a lo ancho del diámetro del chorro donde las líneas de flujo sean paralelas, que además debe ser igual al medio que rodea al chorro en esa sección.

## 2.9 Ecuación de continuidad

Expresa la idea, de que la masa de fluido que entra por el extremo de un tubo debe salir por el otro extremo.

La ecuación de continuidad se obtiene aplicando un balance de materia a un elemento diferencial de volumen ( $\Delta V$ ), a través de la cual está circulando el fluido.

**Figura N° 3:** Demostración matemática de la ecuación de continuidad



Fuente: Universidad Simón Bolívar "Fenómenos de Transporte I".

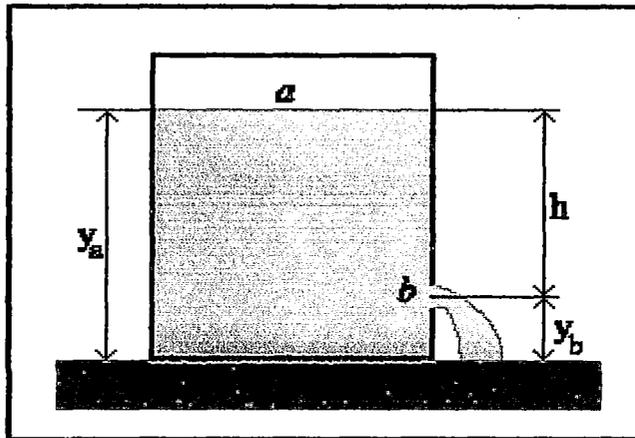
Puesto que ningún fluido puede atravesar las paredes del tubo, entonces el gasto másico debe ser el mismo entre los dos puntos. Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$A_2 V_2 = A_1 V_1 \dots \dots \dots (2.9.1)$$

## 2.10 Orificios

Desde el punto de vista hidráulico, los orificios son perforaciones, generalmente de forma regular y perímetro cerrado, colocados por debajo de la superficie libre del agua con depósitos o almacenamiento, tanques, canales o tuberías.

Figura N° 4: Esquema hidráulico

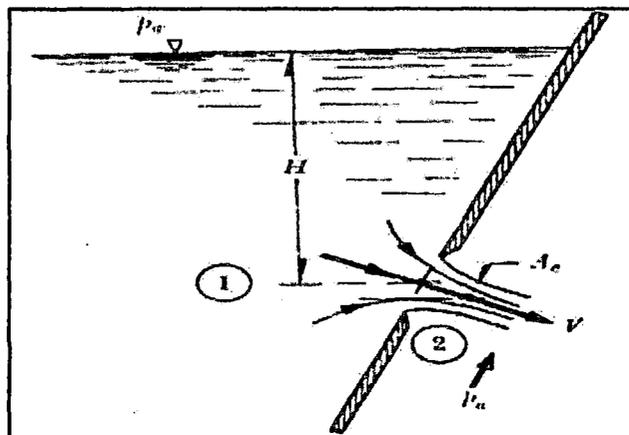


Fuente: VILLON, Máximo. Hidráulica de Canales.

### 2.10.1 Definición y uso

Considerar un recipiente lleno de un líquido, en cuya pared lateral se ha practicado un orificio de pequeñas dimensiones (en comparación con su profundidad desde la superficie libre del fluido hasta el centro del orificio) y cualquier forma ver **figura N°5**.

Figura N° 5: Variables que intervienen en la descarga de flujo por orificio



Fuente: SOTELO, Gilberto. Hidráulica general.

La utilidad del orificio es descargar un caudal cuya magnitud se desea calcular, por lo cual se supone que el nivel del fluido en el recipiente permanece constante por efecto de la entrada de un caudal idéntico al que sale; o bien porque posea un volumen muy grande. Además, el único contacto entre el líquido y la pared debe ser una arista biselada; esto es, el orificio de pared delgada.

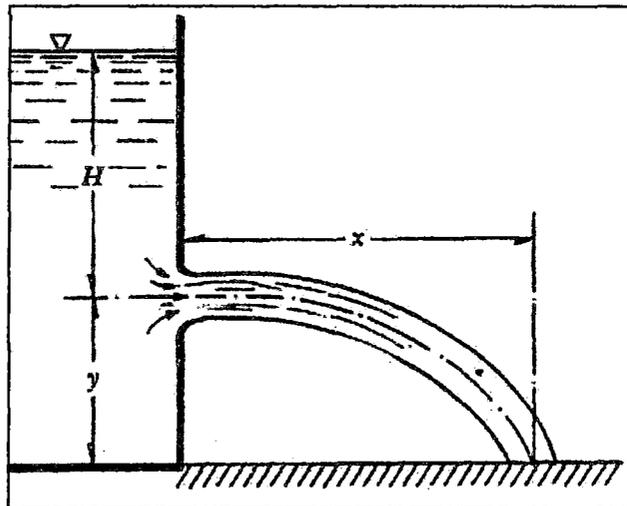
## 2.11 Clasificación de orificios

La clasificación puede realizarse de acuerdo a las condiciones de trabajo, es decir, descargando libremente, ahogados parcialmente o sumergidos o a presión en el interior de una tubería. De la misma manera la clasificación puede realizarse de acuerdo con su forma, circular, cuadrada, rectangular, etcétera.

### 2.11.1 Orificios con descarga libre

Son aquellos en los que el nivel de líquido de la descarga se encuentra por debajo del orificio.

Figura N° 6: Orificio con descarga libre



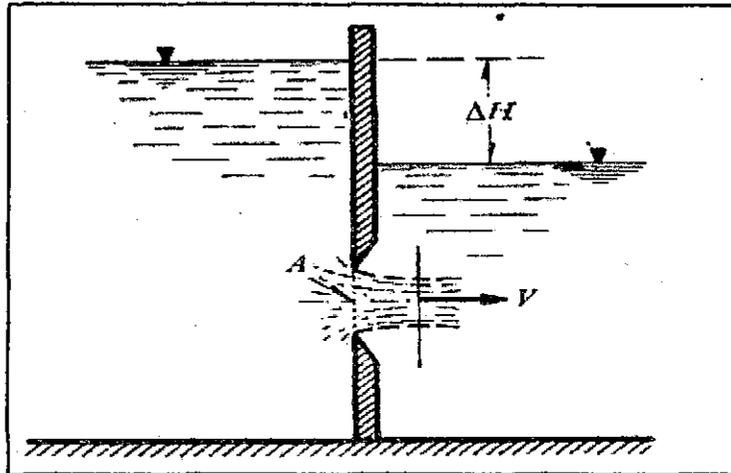
Fuente: SOTELO, Gilberto. Hidráulica general.

### 2.11.2 Orificios sumergidos o ahogados

Son aquellos en los que el nivel de líquido de la descarga se encuentra por encima y por debajo del orificio, pueden ser de dimensiones fijas o ajustables.

Los orificios sumergidos con dimensiones fijas se usan cuando la carga de líquido disponible es insuficiente para la operación adecuada de los vertederos, debido a que si la carga  $H$  es baja un vertedero no funciona.

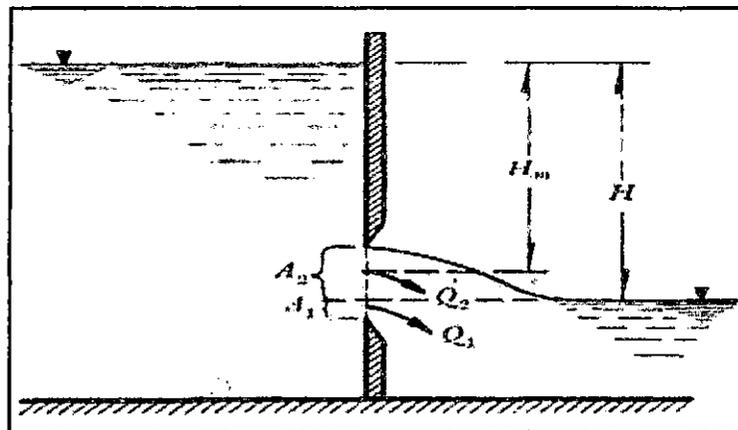
**Figura N° 7: Orificio sumergido totalmente**



Fuente: SOTELO, Gilberto. Hidráulica general.

Los orificios sumergidos ajustables son aquellos en los que el área de descarga puede modificarse a voluntad, con el fin de acomodar el área a los distintos caudales probables y/o necesarios.

**Figura N° 8: Orificio sumergido parcialmente.**

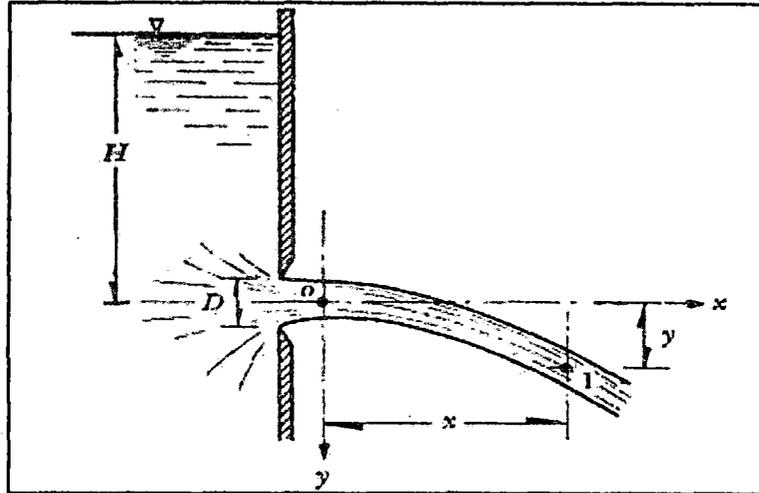


Fuente: SOTELO, Gilberto. Hidráulica general.

### 2.11.3 Orificio de pared delgada

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

**Figura N° 9: Orificio de pared delgada**

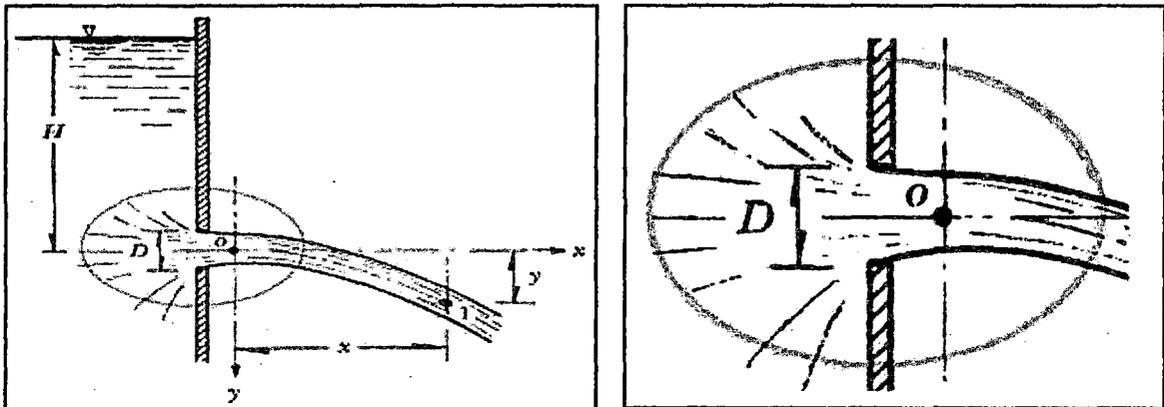


Fuente: SOTELO, Gilberto. Hidráulica general.

#### 2.11.4 Orificio de pared gruesa

En estos orificios el agua al salir tiene contacto en más de un punto, se le puede dar forma abocinada para que al salir el agua se forme un chorro igual al diámetro del orificio.

**Figura N° 10: Orificio de pared gruesa**



Fuente: SOTELO, Gilberto. Hidráulica general.

#### 2.11.5 Orificios de pared delgada

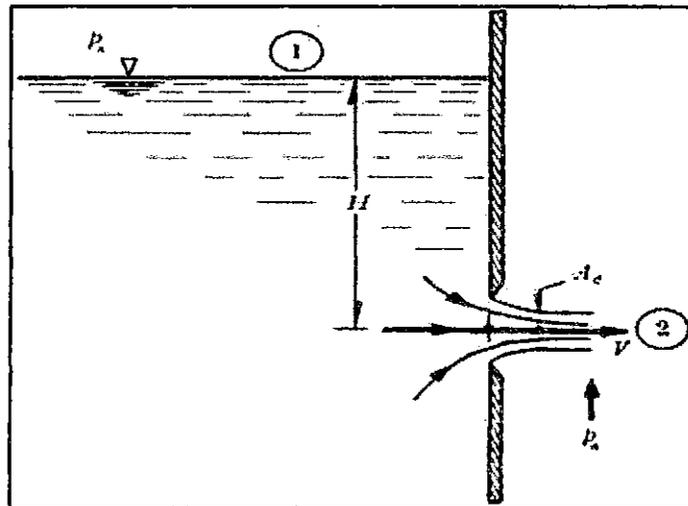
En estos orificios el agua al salir tiene contacto con un solo punto y lo llena completamente. La vena líquida sufre una contracción, que llega a ser extrema en la parte que se denomina vena o sección A, contractada o contraída.

## 2.12 Funcionamiento Hidráulico

Al considerar un tanque lleno de un líquido, tal como se muestra en la figura N°11, donde en una de sus paredes laterales se ha practicado un orificio de pequeñas dimensiones y con sección, es posible desarrollar algunos análisis.

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

Figura N° 11: Orificio de descarga libre y pared delgada



Fuente: SOTELO, Gilberto. Hidráulica general.

## 2.13 Ecuaciones de cálculo del caudal

Para el cálculo del caudal es necesario conocer el área de la sección contraída, que siempre se expresa en función del área del orificio. Al analizar las condiciones en la descarga se puede establecer que el orificio es de pared delgada por lo tanto, el único punto de contacto entre el líquido y la pared es alrededor de una arista afilada, tal como se muestra en la figura N°11.

Las partículas en la proximidad del orificio se mueven aproximadamente en dirección al centro del mismo, de modo que por efecto de su inercia, el cambio de

dirección brusca que sufren genera una contracción del chorro en la sección 2 (ver figura N°11). Esta sección se denomina sección contraída y tiene entonces un área  $A_c$  inferior al área del orificio.

En esta sección se puede establecer que la distribución de las velocidades es prácticamente uniforme y su valor medio es  $V$ . Como se mencionó, al plantear la ecuación de Bernoulli, tomando como nivel de referencia una línea que pase por el centro de gravedad del orificio y considerando que la velocidad del agua en el tanque es despreciable, se puede obtener la siguiente expresión:

$$H + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + hf \dots \dots \dots (2.13.1)$$

Es importante anotar que en el caso que el orificio se encuentra sobre una pared inclinada se ha despreciado la diferencia de alturas entre el centro de gravedad de orificio y el centro de gravedad de la sección contraída. Despejando la expresión la velocidad, se obtiene:

$$V = (2gH)^{0.5} \dots \dots \dots (2.13.2)$$

Expresión denominada de Torricelli, que indica que la velocidad sigue una ley parabólica con la carga  $H$ .

Este valor de la carga se toma al centro de gravedad del orificio, a pesar de que las partículas que se mueven sobre la parte superior de este punto tienen velocidades mayores que las partículas que se mueven por la parte inferior.

La hipótesis planteada para el valor de  $H$  tendrá mayor validez en la medida en que la dimensión del orificio en la dirección de  $H$  sea mucho menor que este valor. Finalmente el caudal se puede expresar como:

$$Q = C_d * A * (2gH)^{0.5} \dots \dots \dots (2.13.3)$$

Donde:

$Q$ : Caudal ( $m^3/s$ ).

Cd: Coeficiente de descarga.

A: Área del orificio (m<sup>2</sup>).

g: Aceleración de la gravedad(m/s<sup>2</sup>).

H: Altura entre la superficie libre y el centro de gravedad del orificio (m).

### 2.13.1 Coeficiente de contracción

Se denomina coeficiente de contracción a la relación entre el área de la vena contracta y el área del orificio.

$$C_c = \frac{A_c}{A} \dots\dots\dots(2.13.4)$$

Cc: Coeficiente de contracción.

Ac: Área de la sección contraída.

A: Área del orificio.

### 2.13.2 Coeficiente de velocidad

Se le llama coeficiente de velocidad a la relación entre la velocidad real y la velocidad teórica.

$$C_v = \frac{V_r}{V_t} \dots\dots\dots(2.13.5)$$

Cv: Coeficiente de velocidad.

Vr: Velocidad real.

Vt: Velocidad teórica.

La velocidad teórica es  $V_t = V = (2gH)^{0.5}$  para llegar a la ecuación:

$$C_v = \frac{V_r}{(2gH)^{0.5}} \dots\dots\dots(2.13.6)$$

El caudal real Qr descargado en la sección contraída Ac será igual a la velocidad en la sección contraída por su área correspondiente, es decir:

$$Q_r = V_r * A_c \dots\dots\dots(2.13.7)$$

### 2.13.3 Coeficiente de descarga

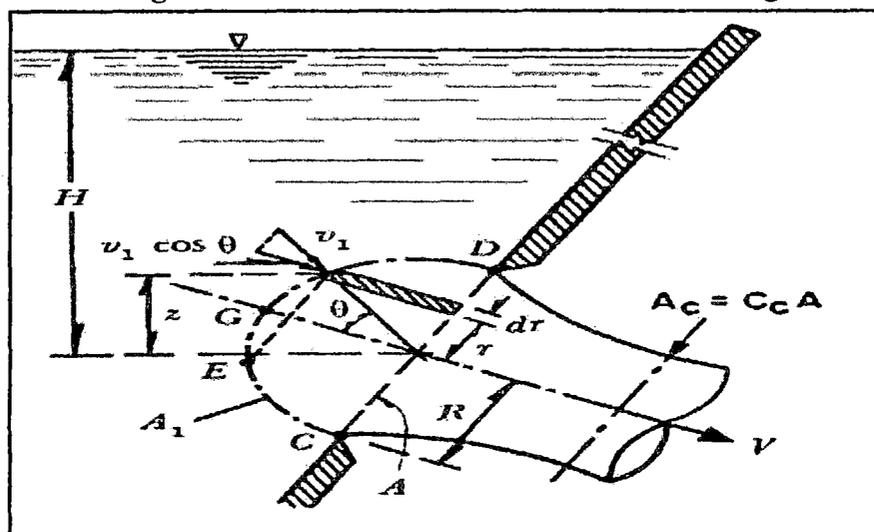
Es la relación entre el caudal real, que se mide a través del aforo volumétrico y el caudal teórico, que se define por el área del orificio y la velocidad teórica.

También es posible describir este coeficiente como el producto del coeficiente de contracción y el coeficiente de velocidad ver ecuación 2.13.9.

Es posible encontrar la magnitud del coeficiente de descarga para un orificio circular a partir de la ecuación de la cantidad de movimiento aplicada sobre un volumen de control limitado por la frontera del chorro en contacto con el aire, la sección contraída y, dentro del recipiente, por una superficie semiesférica de radio igual al del orificio. Para hacer lo anterior, se designa como  $V_1$  la velocidad de una partícula sobre la semiesfera de radio  $R$ , cuya dirección es radial al centro de la semiesfera (ver figura N°12).

La superficie de la semiesfera vale  $A_1=2\pi R^2$  y la correspondiente a la sección contraída  $A_c = C_c A$ .

Figura N° 12: Derivación del coeficiente de descarga



Fuente: SOTELO, Gilberto. Hidráulica general.

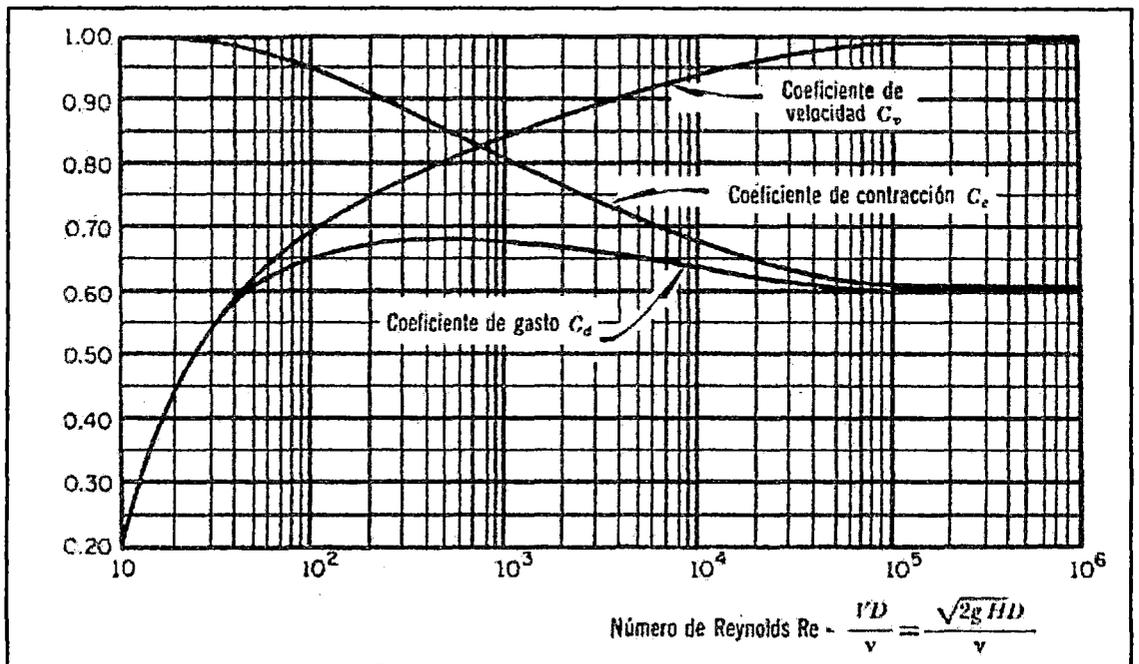
Finalmente el coeficiente de descarga se expresa como:

$$C_d = \frac{Q_r}{A(2gH)^{0.5}} \dots\dots\dots(2.13.8)$$

$$C_d = C_v * C_c \dots\dots\dots(2.13.9)$$

Los coeficientes de descarga, velocidad y contracción para los orificios circulares de pared delgada también pueden ser determinados a través del número de Reynolds, como lo muestra la figura N°13.

**Figura N° 13:** Variación de los coeficientes de velocidad, contracción y gasto con el número de Reynolds

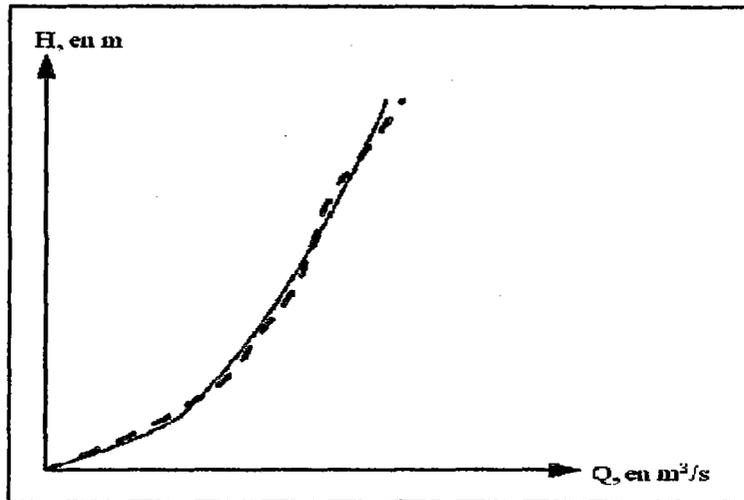


Fuente: RODRIGUEZ DÍAZ, Héctor Alfonso. Hidráulica experimental.

### 2.14 Curva típica

Para realizar la calibración de las compuertas de regulación N°01, N°02 y N°03 del Dique Torata, se tomara como referencia las siguiente curva (ver figura N°14), propuesta por el laboratorio de hidráulica de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional Autónoma de México, asimismo en las figuras N°16 y N°17 se presenta la curva típica de calibración del sistema Venturi y del medidor de caudal tipo ranura.

**Figura N° 14: Curva típica Caudal vs Carga Hidráulica.**



Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México (Laboratorio de hidráulica facultad de ingeniería).

### **2.14.1 Tubo de Venturi**

Un tubo de Venturi es un dispositivo inicialmente diseñado para medir la velocidad de un fluido aprovechando el efecto Venturi. Efectivamente, conociendo la velocidad antes del estrechamiento y midiendo la diferencia de presiones, se halla fácilmente la velocidad.

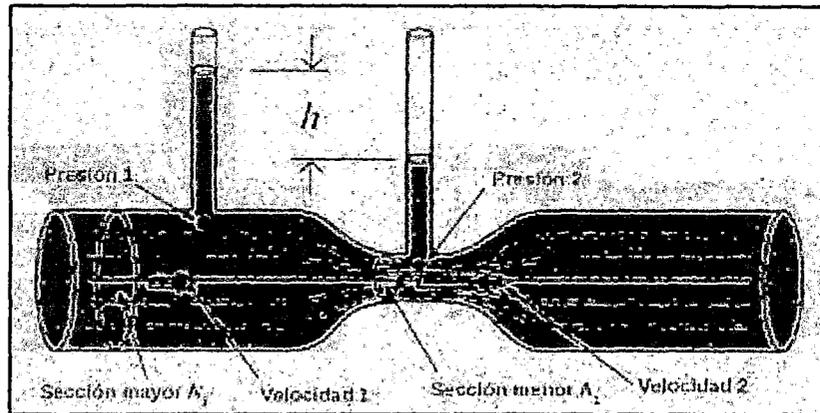
#### **a. Funcionamiento hidráulico**

El efecto Venturi consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor tamaño. En ciertas condiciones, cuando el aumento de velocidad es muy grande, se llegan a producir presiones negativas entonces, en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, el cual produce una aspiración del fluido de este conducto, que se mezclará con el que circula por el primer conducto. Este efecto, demostrado en 1797, recibe su nombre del físico italiano Giovanni Battista Venturi (1746-1822).

El efecto Venturi se explica por el Principio de Bernoulli y el principio de continuidad de masa. Si el caudal de un fluido es constante pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumenta tras atravesar esta sección. Por

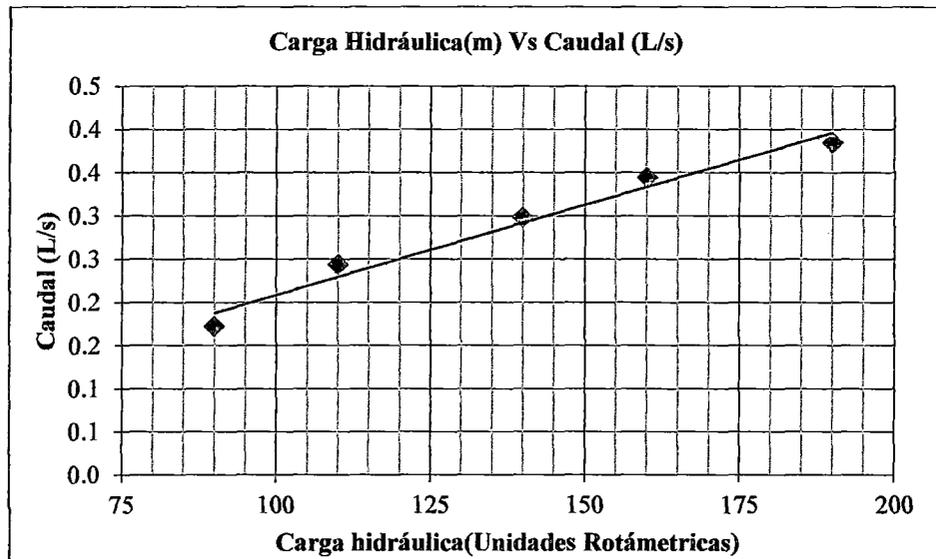
el teorema de la conservación de la energía mecánica, si la energía cinética aumenta, la energía determinada por el valor de la presión disminuye forzosamente.

**Figura N° 15: Tubo de Venturi.**



Fuente: Universidad de Guadalajara (Centro universitario de ciencias exactas e ingeniería).

**Figura N° 16: Curva de calibración típica de un Venturi.**



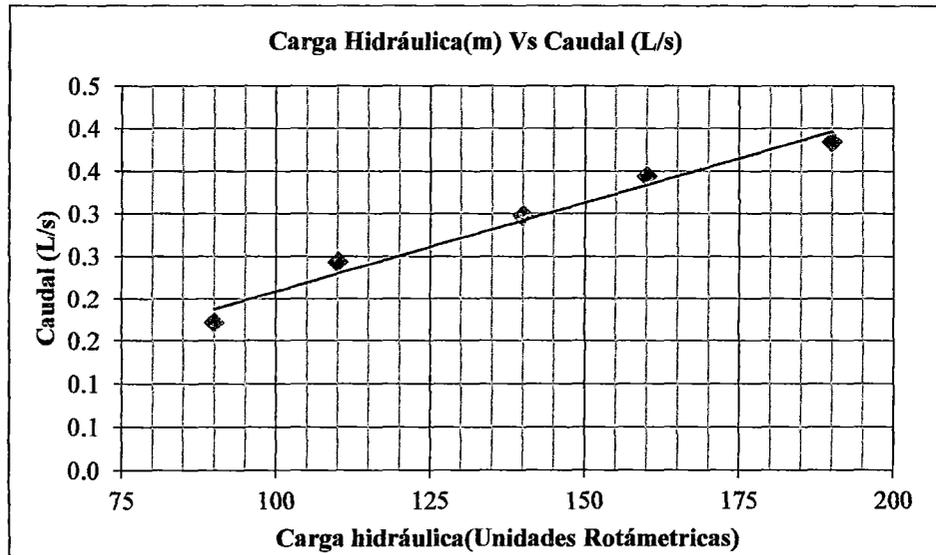
Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México (Calibración de los medidores de flujo "Facultad de Ingeniería").

### 2.14.2 Ranura

La ranura es una variación del vertedero y su funcionalidad se basa en un principio similar. El medidor de ranura consta de un cilindro con un tubo incrustado en el centro con una ranura a lo largo de su altura. El cilindro comienza a llenarse del fluido dependiendo únicamente de la velocidad de flujo elegido. El fluido se estabiliza escapándose por la ranura del tubo interior y se

logra y se una medición a través de una escala longitudinal colocada en un extremo del cilindro.

**Figura N° 17:** Curva de calibración típica de un orificio tipo ranura.



Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México (Calibración de los medidores de flujo "Facultad de Ingeniería").

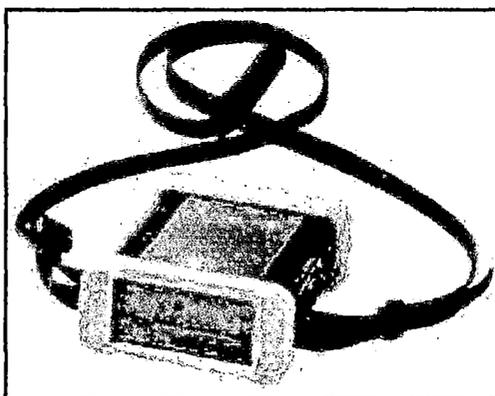
### III. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se describe los materiales utilizados para la realización de los aforos en la sección de control Salida de Túnel y el método seguido para la calibración de las compuertas de regulación.

#### 3.1 Materiales

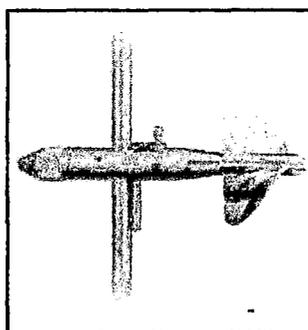
- Palas (Para la limpieza del aforador Parshall).
- Wincha de 5m.
- Correntómetro marca OTT serie C31 (3 hélices).
- Excel 2010.
- Matlab 2010.
- Cuaderno de apuntes y tablero.

**Figura N° 18:** Monitor del correntómetro marca OTT serie C31 (3 hélices)



Fuente: OTT Hydromet.

**Figura N° 19:** Correntómetro marca OTT serie C31 (3 hélices)



Fuente: OTT Hydromet.

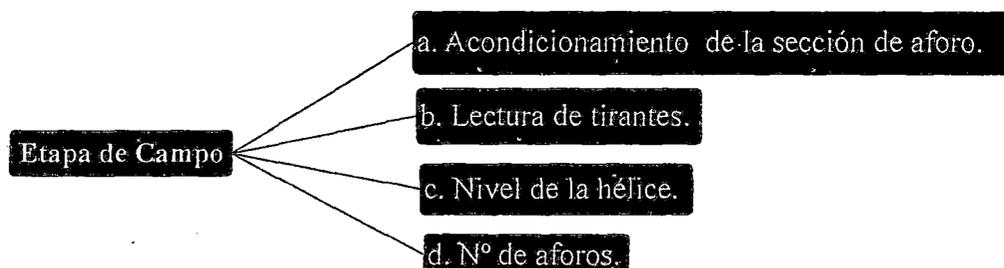
## 3.2 Método

Para realizar la calibración de las compuertas del Dique Torata, comprende dos etapas, la primera etapa es la etapa de campo en el cual consiste en cuatro pasos ver figura N°20. La segunda etapa describe la fase de gabinete en el cual se divide en cuatro partes, siendo en esta parte del estudio donde se determina el Cd. Con ayuda del software Matlab.

### 3.2.1 Etapa de Campo

Para realizar la calibración de las compuertas de regulación N°01, N°02 y N°03 del Dique Torata, se realizó mediante aforos en la sección de control (Aforador Parshall), ubicado en la zona Salida de Túnel. Esta sección de control se encuentra a una distancia aproximada de 4km aguas abajo del Dique.

Figura N° 20: Procedimiento de la etapa de campo.



Fuente: Elaboración propia.

#### a. Acondicionamiento de la sección de aforo

En esta etapa se realiza la limpieza del aforador Parshall (punto de control Salida de Túnel) debido a la presencia de algas en los bordes del canal, del mismo modo se notó la presencia sedimentos. Este último es producto del periodo húmedo de cada año, Para la limpieza de la sección hidráulica se utilizó palas.

#### b. Lectura de Tirantes

La sección de control Salida de Túnel es una sección regular, por la tanto en teoría los tirantes deberían de ser constantes, Sin embargo eso no ocurre

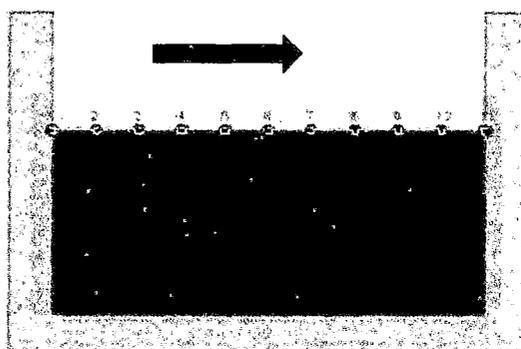
básicamente por dos motivos, primero por las olas del flujo y segundo por la experiencia del aforador.

### c. Nivel de la hélice

La hélice se coloca a 40% del tirante promedio, medida desde el piso, ya que se considera que a esa altura se encuentra la velocidad media.

Para medir los tirantes se realiza en el orden que se muestra en la figura N°21, cabe resaltar que la sección hidráulica de aforo cuenta con 11 puntos para la lectura de tirantes y cuenta con una regla graduada en la margen derecha en dirección del flujo (Punto N°01).

**Figura N° 21:** Orden para la medición de los tirantes



Fuente: Elaboración propia.

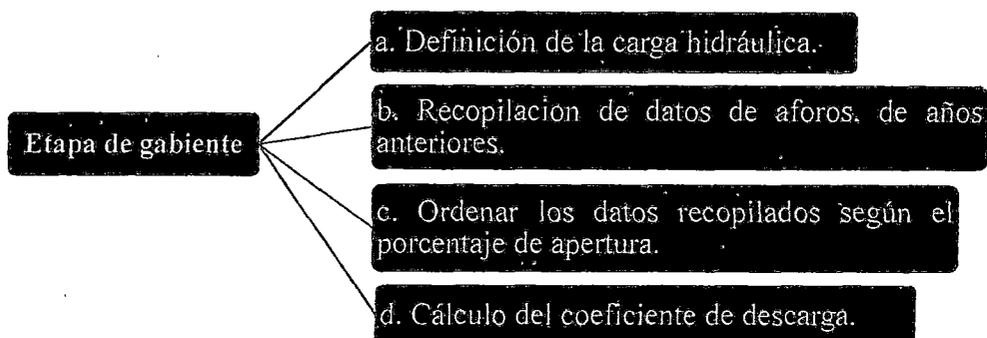
### d. N° de aforos

Para obtener un resultado más confiable del caudal aforado, se aforan dos veces en el mismo sentido del orden de la medición de los tirantes, ver figura N°21.

## 3.2.2 Etapa de Gabinete

Esta etapa comprende la fase de procesamiento de los aforos realizados, y el ordenamiento de la información recopilada de años anteriores, cabe mencionar que en este ítem se describe detalladamente el procedimiento a seguir para la obtención de los coeficientes de descarga.

**Figura N° 22:** Procedimiento de la etapa de gabinete.



Fuente: Elaboración propia.

#### **a. Carga Hidráulica (H)**

Establecer la carga hidráulica (H) en metros, entre el espejo de agua y el centroide de la tubería de descarga. La represa Torata se encuentra monitoreada mediante sensores que están conectadas a unas computadoras, y automáticamente arrojan la carga hidráulica. La carga hidráulica se determinó al mismo día y hora realizada el aforo.

#### **b. Recopilación de datos de aforos**

Para realizar la calibración de las compuertas de regulación del Dique Torata, se tomó datos de aforos a partir del año 2005 en adelante, cabe mencionar que la mayor cantidad de datos son del período húmedo, debido a que existe mayor fluctuación en los caudales de descarga del Dique Torata.

#### **c. Ordenar los datos recopilados según el porcentaje de apertura**

Se ordenan los datos aforados de menor a mayor porcentaje de apertura, para luego determinar el coeficiente de descargar para cada aforo.

#### **d. Calculo del coeficiente de descarga**

El coeficiente de descarga se calcula a partir del caudal aforado, en función de la carga hidráulica y el área de la compuerta de regulación.

- **Coefficiente de descarga**

Para determinar el coeficiente de descarga (Cd), se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$Cd = \frac{Qr}{A(2gH)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots(3.2.1)$$

Donde:

Cd: Coeficiente de descarga.

Qr: Caudal real o aforado.

A: Área.

H: Carga hidráulica.

g: Gravedad.

El Cd, se determinó para cada caudal aforado y luego se realiza un promedio aritmético entre todos los Cd calculados, para un mismo %Ap (ver tabla N°01).

Obtenido el Cd promedio, se realiza una regresión múltiple con ayuda del Software Matlab, donde se agregan dos nuevas variables (carga hidráulica (H) y % de apertura), la inclusión de estas dos variables se sustenta en lo siguiente. Para un mismo %Ap (porcentaje de apertura) y diferentes cargas hidráulicas se obtienen diferentes caudales (Q).

Teóricamente se puede demostrar con el teorema de Torricelli, este teorema es una aplicación del principio de Bernoulli y estudia el flujo de un líquido contenido en un recipiente, a través de un pequeño orificio, bajo la acción de la gravedad. A partir del teorema de Torricelli se puede calcular el caudal de salida de un líquido por un orificio. "La velocidad de un líquido en una vasija abierta, por un orificio, es la que tendría un cuerpo cualquiera, cayendo libremente en el vacío desde el nivel del líquido hasta el centro de gravedad del orificio".

$$Vt = \left( 2 * g * \left( h + \frac{V_0}{2 * g} \right) \right)^{0.5} \dots\dots\dots(3.2.2)$$

Vt: Velocidad teórica del líquido a la salida del orificio

Vo: Es la velocidad de aproximación.

h: Distancia desde la superficie del líquido al centro del orificio.

g: es la aceleración de la gravedad

Para velocidades de aproximación bajas, la mayoría de los casos, la expresión anterior se transforma en:

$$V_t = C_v * (2 * g * h)^{0.5} \dots\dots\dots(3.2.3)$$

Vt: Es la velocidad real media del líquido a la salida del orificio

Cv: Es el coeficiente de velocidad.

La ecuación resultante del Matlab tiene la siguiente forma:

$$C_d = a + bx - cy - dx^2 + exy \dots\dots\dots(3.2.4)$$

x: % de apertura.

y: Carga hidráulica (m).

Cd: Coeficiente de descarga.

a,b,c,d,e: Constantes

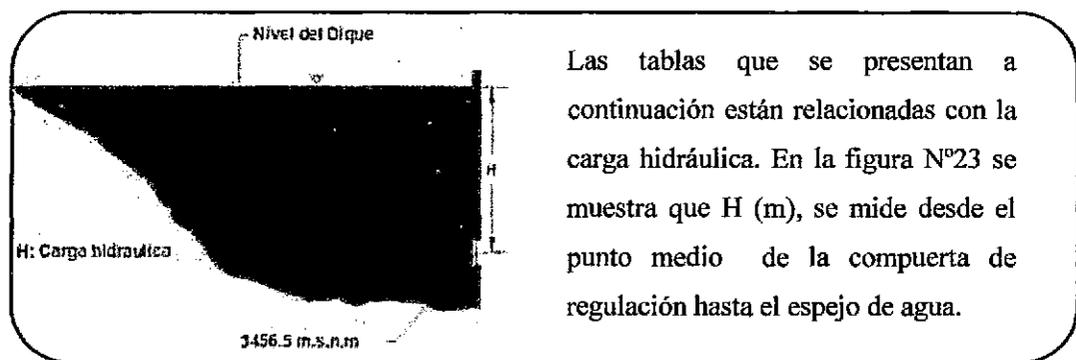
La nueva ecuación cuadrática resultante del Cd, es la que se tomara en cuenta para realizar las nuevas gráficas H (carga hidráulica) vs Q (caudal).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Compuerta de regulación N°01 y N°02

El Dique Torata tiene actualmente en funcionamiento tres compuertas de regulación que sirven para descargar el flujo, de los cuales las compuertas de regulación N°01 y N°02 presentan las mismas dimensiones geométricas, siendo de mayor tamaño las compuertas anteriormente mencionada en comparación con la compuerta de regulación N°03. Por este motivo los resultados de la compuerta N°01 y N°02 se presentan en un mis tabla.

Figura N° 23: Carga hidráulica.



Fuente: Elaboración propia

El área hidráulica de las compuertas es  $0.64\text{m}^2$  con un diámetro de  $0.90\text{m}$ , la ecuación utilizada para el cálculo del caudal aforado y el coeficiente de descarga se determina mediante la ecuación general de orificios ver ecuación 3.2.1.

#### 4.1.1 Relación “Cd - %Ap - H” compuerta de regulación N°01 y N°02

Para obtener la relación entre el coeficiente de descarga (Cd), %Ap y carga hidráulica, se trabajó en el software Matlab 2013, obteniéndose una función polinómica de segundo grado, de la forma:

$$z = a + bx + cy + dx^2 + exy \dots \dots \dots (4.1.1)$$

Donde:

a,b,c,d,e: Constantes.

z: Coeficiente de descarga

x: % de apertura de la compuerta de regulación N°01 y N°02 (m<sup>2</sup>).

y: Carga hidráulica( m).

#### a. Modelo polinómico

El modelo polinómico de segundo grado que se muestra a continuación, es el resultado de procesar todos los datos de aforos, que se encuentran dentro del 95% de confianza.

$$f(x,y) = p00 + p10*x + p01*y + p20*x^2 + p11*x*y$$

Porcentaje de confianza del 95%

$$p00 = -0.05633 \quad (-0.1219, 0.009189)$$

$$p10 = 1.369 \quad (1.113, 1.625)$$

$$p01 = 0.0003299 \quad (-0.001177, 0.001837)$$

$$p20 = -0.8278 \quad (-0.9718, -0.6838)$$

$$p11 = -0.0002162 \quad (-0.005459, 0.005027)$$

Bondad de ajuste:

SSE: 0.007178

R-square: 0.993

Adjusted R-square: 0.9923

RMSE: 0.01393

Donde:

f(x,y): Coeficiente de descarga.

x: % de apertura de las compuertas de regulación N°01 y N°02.

y: Carga hidráulica (m).

Finalmente el coeficiente de descarga, reemplazando las constantes determinado anteriormente con el software Matlab, queda de la siguiente forma.

$$Cd = -0.05633 + 1.369x - 0.0003299y - 0.8278x^2 + 0.0002162xy \dots \dots \dots (4.1.2)$$

#### 4.1.2 Descarga a diferentes %Ap de las CR N°01 y N°02

Los resultados de las descargas de las compuertas de regulación N°01 y N°02, se presentan en las tablas del N°1 al N°6 y en la figuras del N°24 al N°37. Donde el porcentaje de apertura (%Ap) varía de 10.0% a 65.0%, con un incremento de 2.5%. Asimismo la carga hidráulica varía de 16m a 50m, con un incremento de 2m.

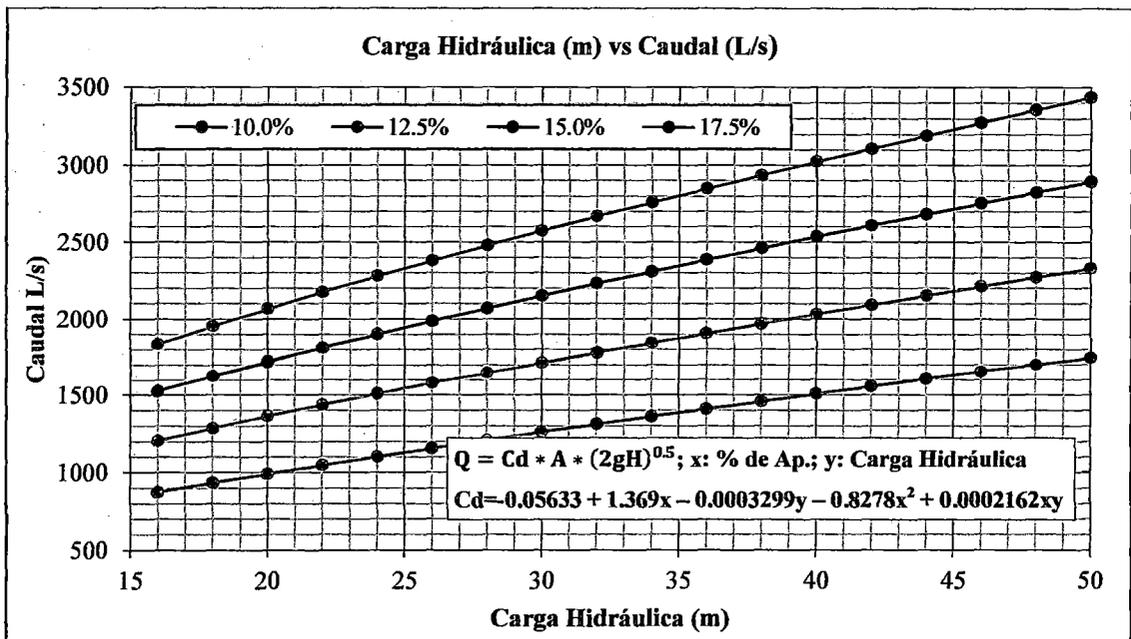
**Tabla N° 1:** Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 10.0% a 17.5%

| H<br>(m) | % Apertura<br>10.0% |           | % Apertura<br>12.5% |           | % Apertura<br>15.0% |           | % Apertura<br>17.5% |           |
|----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
|          | Q                   | Velocidad | Q                   | Velocidad | Q                   | Velocidad | Q                   | Velocidad |
|          | (L/s)               | (m/s)     | (L/s)               | (m/s)     | (L/s)               | (m/s)     | (L/s)               | (m/s)     |
| 16       | 870.44              | 13.68     | 1202.75             | 15.12     | 1523.40             | 15.96     | 1832.38             | 16.46     |
| 18       | 930.61              | 14.63     | 1282.95             | 16.13     | 1622.92             | 17.01     | 1950.52             | 17.52     |
| 20       | 988.72              | 15.54     | 1359.98             | 17.10     | 1718.21             | 18.01     | 2063.39             | 18.53     |
| 22       | 1045.13             | 16.43     | 1434.37             | 18.04     | 1809.93             | 18.97     | 2171.82             | 19.51     |
| 24       | 1100.11             | 17.29     | 1506.51             | 18.94     | 1898.63             | 19.90     | 2276.45             | 20.45     |
| 26       | 1153.89             | 18.14     | 1576.73             | 19.83     | 1984.70             | 20.80     | 2377.80             | 21.36     |
| 28       | 1206.65             | 18.97     | 1645.28             | 20.69     | 2068.49             | 21.68     | 2476.27             | 22.24     |
| 30       | 1258.51             | 19.78     | 1712.38             | 21.53     | 2150.28             | 22.53     | 2572.20             | 23.20     |
| 32       | 1309.62             | 20.59     | 1778.19             | 22.36     | 2230.28             | 23.37     | 2665.87             | 23.95     |
| 34       | 1360.05             | 21.38     | 1842.87             | 23.27     | 2308.69             | 24.19     | 2757.51             | 24.77     |
| 36       | 1409.91             | 22.16     | 1906.54             | 23.98     | 2385.69             | 25.00     | 2847.33             | 25.58     |
| 38       | 1459.25             | 22.94     | 1969.31             | 24.76     | 2461.39             | 25.79     | 2935.50             | 26.37     |
| 40       | 1508.15             | 23.71     | 2031.26             | 25.54     | 2535.94             | 26.57     | 3022.17             | 27.15     |
| 42       | 1556.65             | 24.47     | 2092.24             | 26.31     | 2609.43             | 27.35     | 3107.47             | 27.91     |
| 44       | 1604.81             | 25.23     | 2153.05             | 27.08     | 2681.96             | 28.11     | 3191.52             | 28.67     |
| 46       | 1652.66             | 25.98     | 2213.02             | 27.83     | 2753.60             | 28.86     | 3274.41             | 29.41     |
| 48       | 1700.24             | 26.73     | 2272.24             | 28.58     | 2824.44             | 29.60     | 3356.24             | 30.15     |
| 50       | 1747.59             | 27.47     | 2331.37             | 29.32     | 2894.54             | 30.33     | 3437.09             | 30.87     |

Fuente: Elaboración propia.

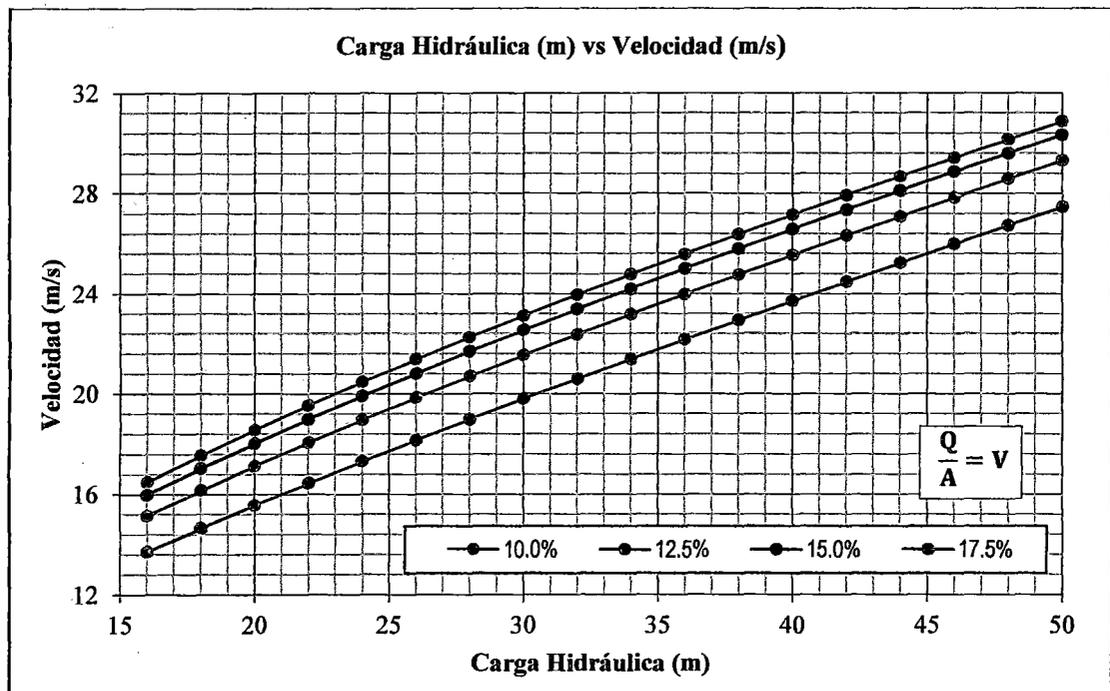
En la tabla N°1, se observa que para el rango de 10.0% a 17.5%, el caudal de descarga varía de 870.44 a 3437.09 L/s. Asimismo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s), para los porcentajes de apertura anteriormente mencionado. Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s), ver figura N°24 y N°25.

**Figura N° 24:** Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 10% a 17.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 25:** Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 10% a 17.5%.



Fuente: Elaboración propia.

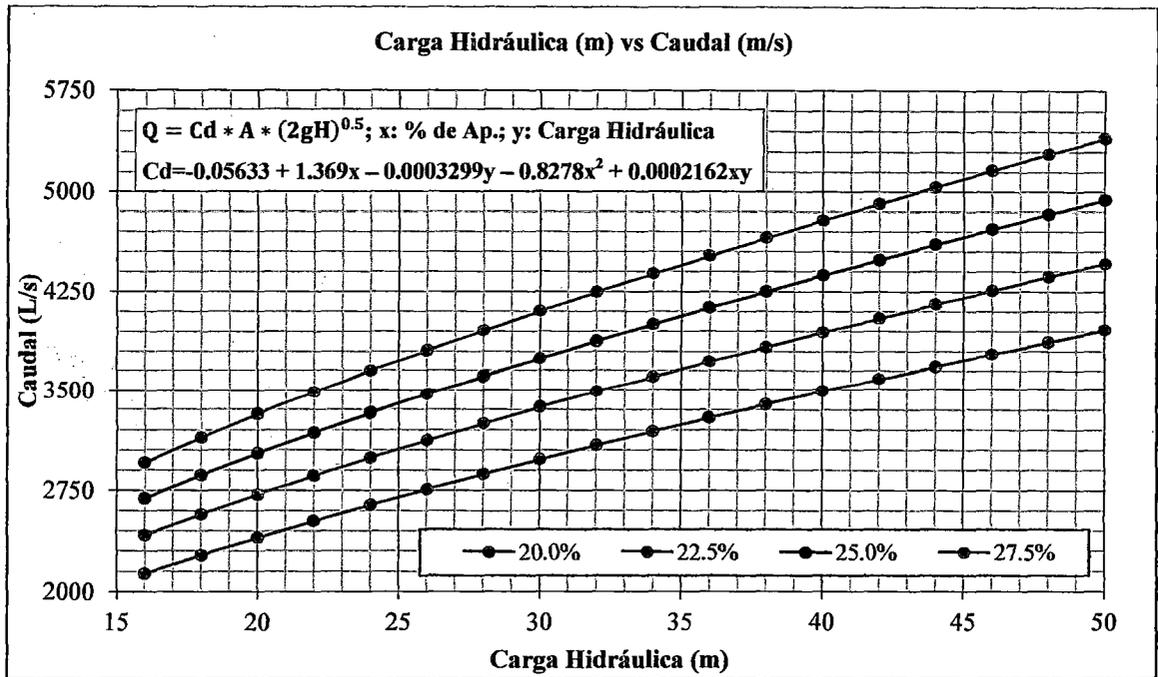
**Tabla N° 2: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% a 27.5%**

| H<br>(m) | % Apertura<br>20.0% |                    | % Apertura<br>22.5% |                    | % Apertura<br>25.0% |                    | % Apertura<br>27.5% |                    |
|----------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|          | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) |
| 16       | 2129.70             | 16.74              | 2415.36             | 16.87              | 2689.35             | 16.91              | 2951.68             | 16.87              |
| 18       | 2265.74             | 17.81              | 2568.60             | 17.94              | 2859.08             | 17.98              | 3137.20             | 17.93              |
| 20       | 2395.53             | 18.83              | 2714.63             | 18.97              | 3020.69             | 18.99              | 3313.71             | 18.94              |
| 22       | 2520.03             | 19.81              | 2854.56             | 19.94              | 3175.42             | 19.97              | 3482.60             | 19.91              |
| 24       | 2640.00             | 20.75              | 2989.26             | 20.88              | 3324.24             | 20.90              | 3644.93             | 20.83              |
| 26       | 2756.04             | 21.66              | 3119.40             | 21.79              | 3467.90             | 21.80              | 3801.53             | 21.73              |
| 28       | 2868.62             | 22.55              | 3245.54             | 22.67              | 3607.04             | 22.68              | 3953.10             | 22.60              |
| 30       | 2978.16             | 23.41              | 3368.14             | 23.53              | 3742.15             | 23.53              | 4100.20             | 23.44              |
| 32       | 3084.96             | 24.25              | 3487.57             | 24.36              | 3873.67             | 24.36              | 4243.29             | 24.25              |
| 34       | 3189.33             | 25.07              | 3604.14             | 25.18              | 4001.96             | 25.16              | 4382.77             | 25.05              |
| 36       | 3291.49             | 25.87              | 3718.14             | 25.98              | 4127.31             | 25.95              | 4518.97             | 25.83              |
| 38       | 3391.64             | 26.66              | 3829.80             | 26.76              | 4249.99             | 26.72              | 4652.20             | 26.59              |
| 40       | 3489.97             | 27.43              | 3939.32             | 27.52              | 4370.23             | 27.48              | 4782.70             | 27.34              |
| 42       | 3586.62             | 28.19              | 4046.87             | 28.27              | 4488.23             | 28.22              | 4910.68             | 28.07              |
| 44       | 3681.74             | 28.94              | 4152.62             | 29.01              | 4604.16             | 28.95              | 5036.36             | 28.79              |
| 46       | 3775.44             | 29.67              | 4256.70             | 29.74              | 4718.18             | 29.67              | 5159.88             | 29.49              |
| 48       | 3867.84             | 30.40              | 4359.23             | 30.45              | 4830.43             | 30.37              | 5281.42             | 30.19              |
| 50       | 3959.02             | 31.12              | 4460.33             | 31.16              | 4941.03             | 31.07              | 5401.11             | 30.87              |

Fuente: Elaboración propia.

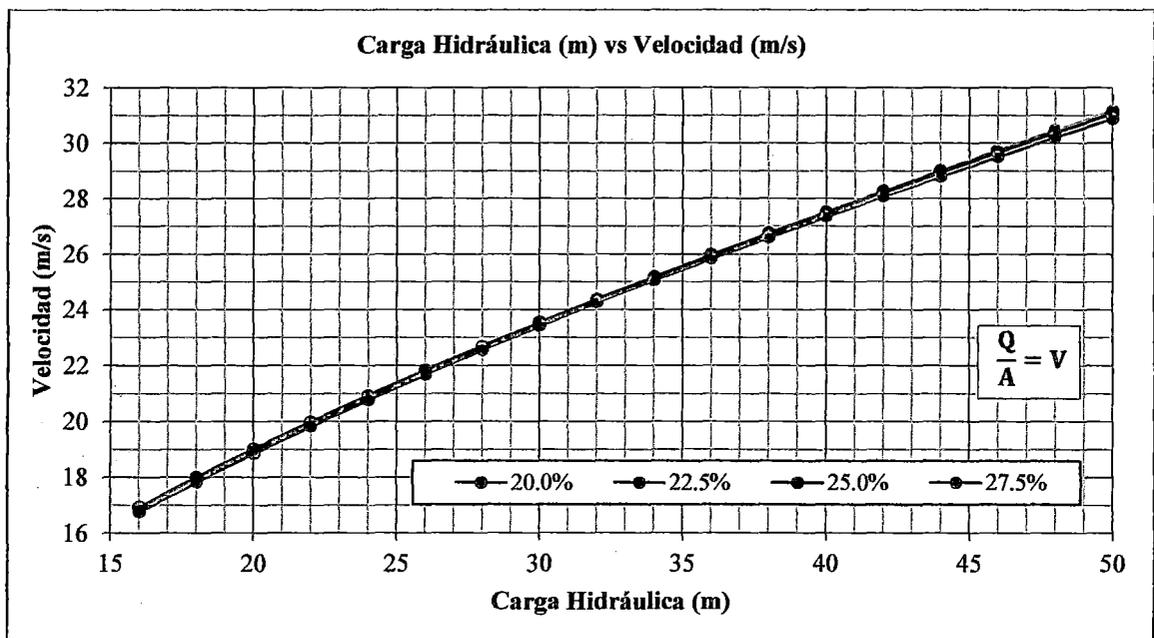
En la tabla N°2, se muestra que para el rango de 20.0% a 27.5%, el caudal de descarga varía de 2129.70 a 5401.11 L/s. Asimismo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s), para los porcentajes de apertura anteriormente mencionado. Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°26 y N°27.

**Figura N° 26:** Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% a 27.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 27:** Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% a 27.5%



Fuente: Elaboración propia.

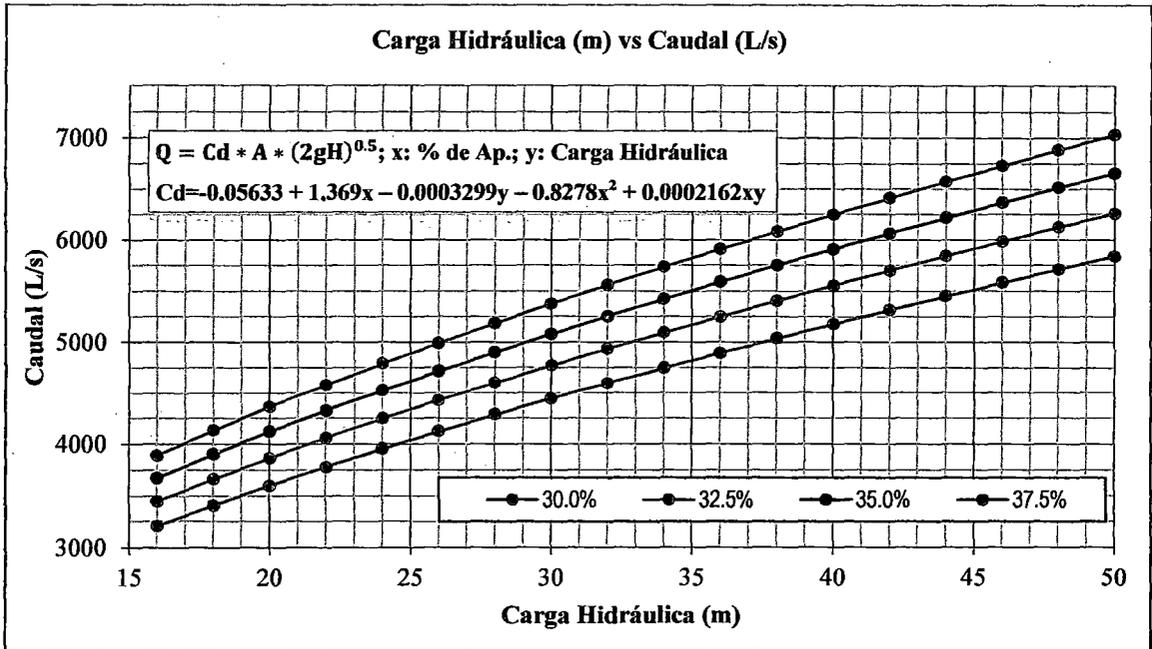
**Tabla N° 3:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 30.0% a 37.5%

| H<br>(m) | % Apertura<br>30.0% |                    | % Apertura<br>32.5% |                    | % Apertura<br>35.0% |                    | % Apertura<br>37.5% |                    |
|----------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|          | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) |
| 16       | 3202.35             | 16.78              | 3441.35             | 16.64              | 3668.70             | 16.48              | 3884.37             | 16.28              |
| 18       | 3402.94             | 17.83              | 3656.32             | 17.68              | 3897.32             | 17.50              | 4125.95             | 17.29              |
| 20       | 3593.70             | 18.83              | 3860.64             | 18.67              | 4114.54             | 18.48              | 4355.40             | 18.26              |
| 22       | 3776.11             | 19.79              | 4055.94             | 19.62              | 4322.09             | 19.41              | 4574.56             | 19.18              |
| 24       | 3951.33             | 20.70              | 4243.45             | 20.52              | 4521.29             | 20.31              | 4784.85             | 20.06              |
| 26       | 4120.29             | 21.59              | 4424.19             | 21.40              | 4713.22             | 21.17              | 4987.38             | 20.91              |
| 28       | 4283.73             | 22.24              | 4598.94             | 22.24              | 4898.72             | 22.00              | 5183.06             | 21.73              |
| 30       | 4442.27             | 23.28              | 4768.37             | 23.06              | 5078.50             | 22.81              | 5372.66             | 22.52              |
| 32       | 4596.40             | 24.08              | 4933.03             | 23.86              | 5253.26             | 23.59              | 5556.79             | 23.29              |
| 34       | 4746.58             | 24.87              | 5093.38             | 24.63              | 5423.29             | 24.36              | 5735.99             | 24.04              |
| 36       | 4893.15             | 25.64              | 5249.83             | 25.39              | 5589.01             | 25.10              | 5910.70             | 24.78              |
| 38       | 5036.44             | 26.39              | 5402.70             | 26.13              | 5750.99             | 25.83              | 6081.31             | 25.49              |
| 40       | 5176.72             | 27.12              | 5552.31             | 26.85              | 5909.46             | 26.54              | 6248.16             | 26.19              |
| 42       | 5314.24             | 27.84              | 5698.91             | 27.56              | 6064.68             | 27.24              | 6411.55             | 26.88              |
| 44       | 5449.21             | 28.55              | 5842.73             | 28.26              | 6216.90             | 27.92              | 6571.73             | 27.55              |
| 46       | 5581.81             | 29.25              | 5983.96             | 28.94              | 6366.34             | 28.59              | 6728.94             | 28.21              |
| 48       | 5712.21             | 29.93              | 6122.80             | 29.61              | 6513.29             | 29.25              | 6883.38             | 28.85              |
| 50       | 5840.56             | 30.60              | 6259.41             | 30.27              | 6657.63             | 29.90              | 7035.24             | 29.49              |

Fuente: Elaboración propia.

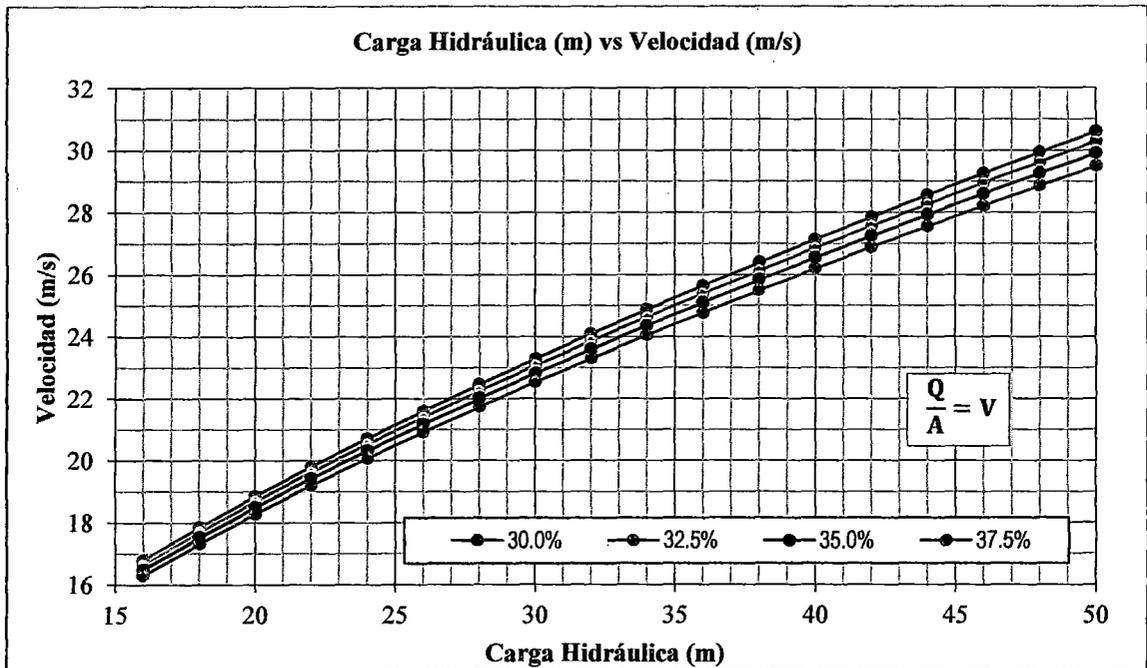
En la tabla N°3, se observa que para el rango de 30.0% a 37.5%, el caudal de descarga varía de 3202.35L/s a 7035.24 L/s. De igual forma se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el orden de 30.0% a 37.5% porcentaje de apertura. De igual manera se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°28 y N°29.

**Figura N° 28:** Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 30.0% a 37.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 29:** Relación Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 30.0% a 37.5.0%



Fuente: Elaboración propia.

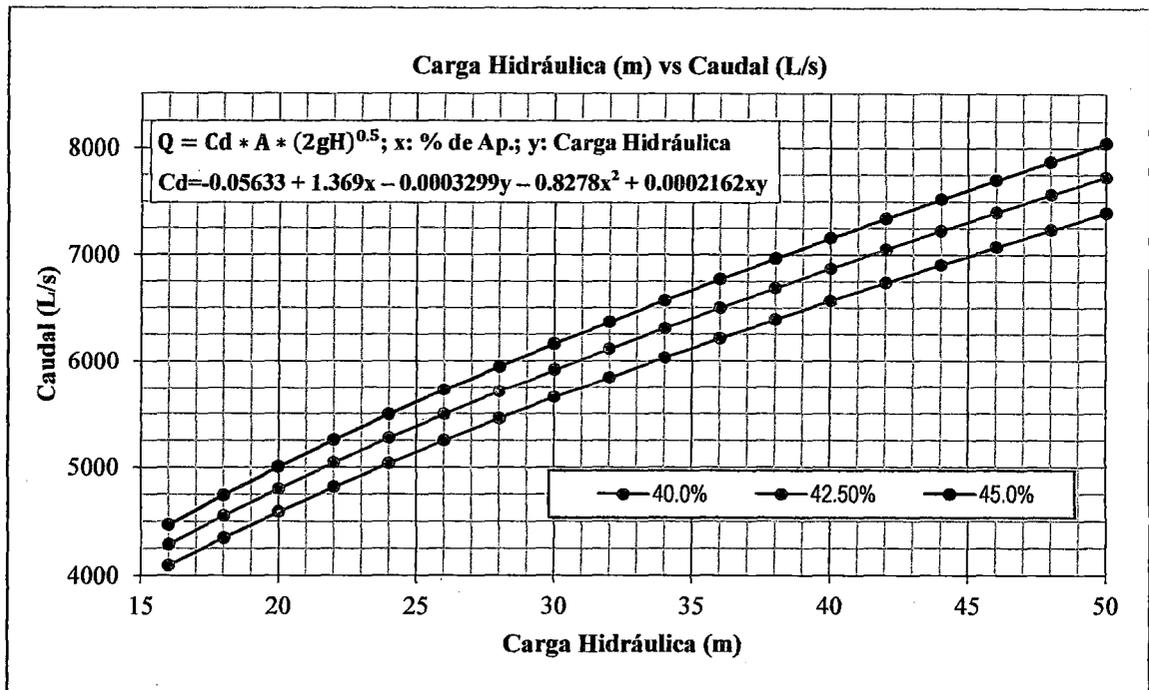
**Tabla N° 4:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% a 45.0%

| H<br>(m) | % Apertura<br>40.0% |                    | % Apertura<br>42.5% |                    | % Apertura<br>45.0% |                    |
|----------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|          | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) |
| 16       | 4088.39             | 16.07              | 4280.74             | 15.83              | 4461.43             | 15.58              |
| 18       | 4342.21             | 17.06              | 4546.10             | 16.81              | 4737.62             | 16.55              |
| 20       | 4583.23             | 18.01              | 4798.01             | 17.75              | 4999.75             | 17.46              |
| 22       | 4813.36             | 18.92              | 5038.49             | 18.64              | 5249.93             | 18.34              |
| 24       | 5034.11             | 19.78              | 5269.10             | 19.49              | 5489.80             | 19.18              |
| 26       | 5246.67             | 20.62              | 5491.09             | 20.31              | 5720.65             | 19.98              |
| 28       | 5451.98             | 21.42              | 5705.47             | 21.10              | 5943.53             | 20.76              |
| 30       | 5650.85             | 22.21              | 5913.07             | 21.87              | 6159.32             | 21.52              |
| 32       | 5843.94             | 22.97              | 6114.58             | 22.62              | 6368.73             | 22.25              |
| 34       | 6031.79             | 23.70              | 6310.59             | 23.34              | 6572.39             | 22.96              |
| 36       | 6214.89             | 24.42              | 6501.59             | 24.05              | 6770.79             | 23.65              |
| 38       | 6393.65             | 25.13              | 6688.02             | 24.74              | 6964.41             | 24.33              |
| 40       | 6568.42             | 25.81              | 6870.25             | 25.41              | 7153.63             | 24.99              |
| 42       | 6739.52             | 26.48              | 7048.60             | 26.07              | 7338.78             | 25.64              |
| 44       | 6907.22             | 27.14              | 7223.37             | 26.72              | 7520.18             | 26.27              |
| 46       | 7071.76             | 27.79              | 7394.81             | 27.35              | 7698.08             | 26.89              |
| 48       | 7233.37             | 28.43              | 7563.25             | 27.97              | 7872.73             | 27.50              |
| 50       | 7392.22             | 29.05              | 7728.59             | 28.58              | 8044.35             | 28.10              |

Fuente: Elaboración propia.

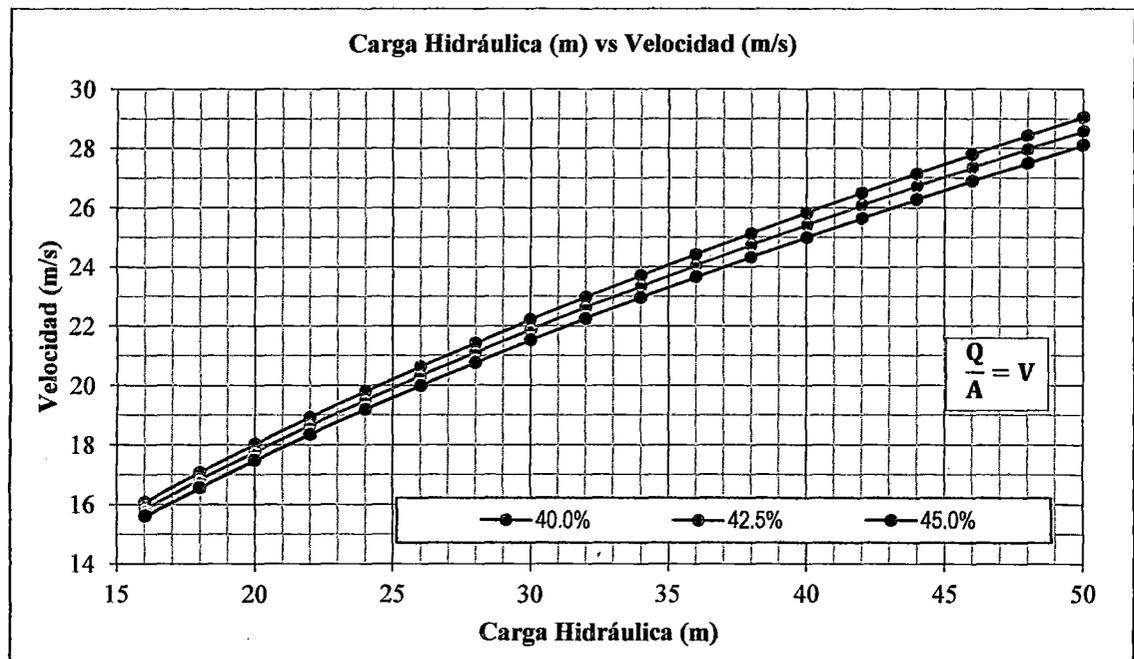
En la tabla N°4, se observa que para el rango de 40.0% a 45.0%, el caudal de descarga varía de 4088.39L/s a 8044.35 L/s. Asimismo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el orden de 40.0% a 45.0% porcentaje de apertura. De igual forma se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°30 y N°31.

**Figura N° 30:** Relación Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% a 45.0%.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 31:** Relación Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% a 45.0%.



Fuente: Elaboración propia.

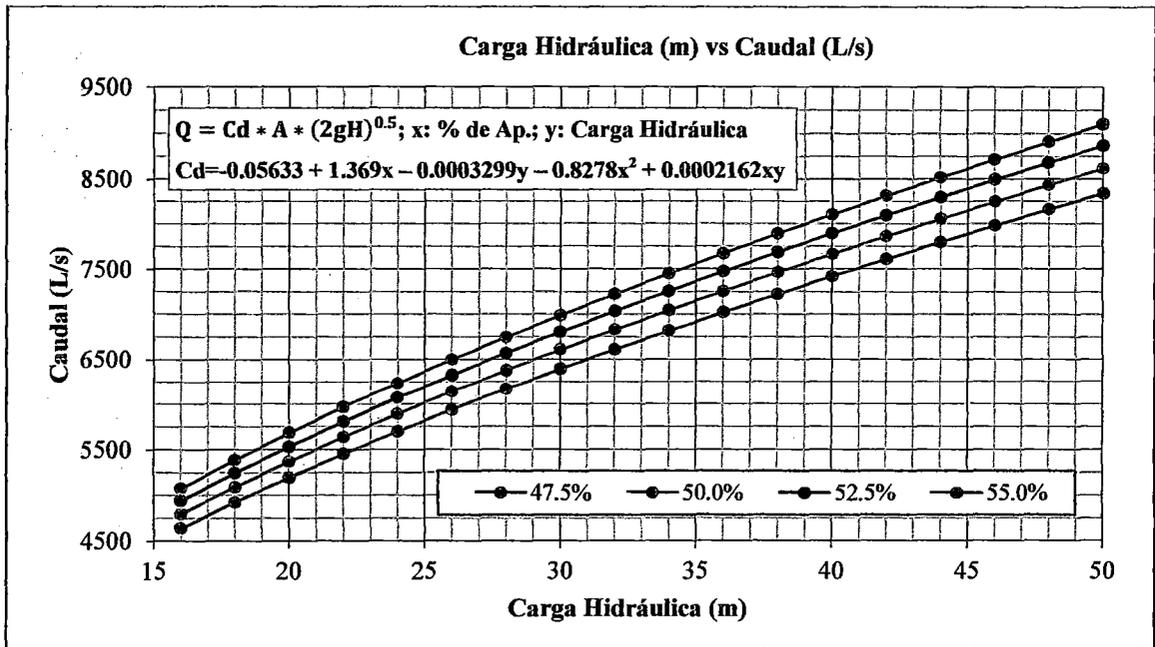
**Tabla N° 5: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 47.5% a 55.0%**

| H<br>(m) | % Apertura<br>47.5% |                    | % Apertura<br>50.0% |                    | % Apertura<br>52.5% |                    | % Apertura<br>55.0% |                    |
|----------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|          | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) |
|          | 16                  | 4630.45            | 15.32               | 4787.81            | 15.05               | 4933.51            | 14.77               | 5067.54            |
| 18       | 4916.77             | 16.27              | 5083.54             | 15.98              | 5237.95             | 15.68              | 5379.99             | 15.38              |
| 20       | 5188.45             | 17.17              | 5364.12             | 16.86              | 5526.74             | 16.55              | 5676.32             | 16.22              |
| 22       | 5447.70             | 18.03              | 5631.80             | 17.71              | 5802.21             | 17.37              | 5958.95             | 17.03              |
| 24       | 5696.21             | 18.85              | 5888.34             | 18.51              | 6066.19             | 18.16              | 6229.75             | 17.80              |
| 26       | 5935.33             | 19.64              | 6135.15             | 19.29              | 6320.11             | 18.92              | 6490.19             | 18.55              |
| 28       | 6166.16             | 20.41              | 6373.37             | 20.04              | 6565.14             | 19.66              | 6741.48             | 19.27              |
| 30       | 6389.60             | 21.14              | 6603.91             | 20.76              | 6802.24             | 20.37              | 6984.61             | 19.96              |
| 32       | 6606.39             | 21.86              | 6827.56             | 21.46              | 7032.23             | 21.06              | 7220.40             | 20.64              |
| 34       | 6817.18             | 22.56              | 7044.97             | 22.15              | 7255.76             | 21.72              | 7449.55             | 21.29              |
| 36       | 7022.50             | 23.24              | 7256.72             | 22.81              | 7473.44             | 22.38              | 7672.66             | 21.93              |
| 38       | 7222.83             | 23.90              | 7463.27             | 23.46              | 7685.74             | 23.01              | 7890.24             | 22.55              |
| 40       | 7418.57             | 24.55              | 7665.06             | 24.10              | 7893.22             | 23.63              | 8102.74             | 23.26              |
| 42       | 7610.07             | 25.18              | 7862.24             | 24.72              | 8095.95             | 24.24              | 8310.54             | 23.75              |
| 44       | 7797.64             | 25.80              | 8055.77             | 25.33              | 8294.55             | 24.83              | 8514.00             | 24.33              |
| 46       | 7981.58             | 26.41              | 8245.30             | 25.92              | 8489.24             | 25.42              | 8713.41             | 24.90              |
| 48       | 8162.12             | 27.01              | 8431.30             | 26.51              | 8680.28             | 25.99              | 8909.06             | 25.46              |
| 50       | 8339.48             | 27.60              | 8614.00             | 27.08              | 8867.89             | 26.55              | 9101.18             | 26.01              |

Fuente: Elaboración propia.

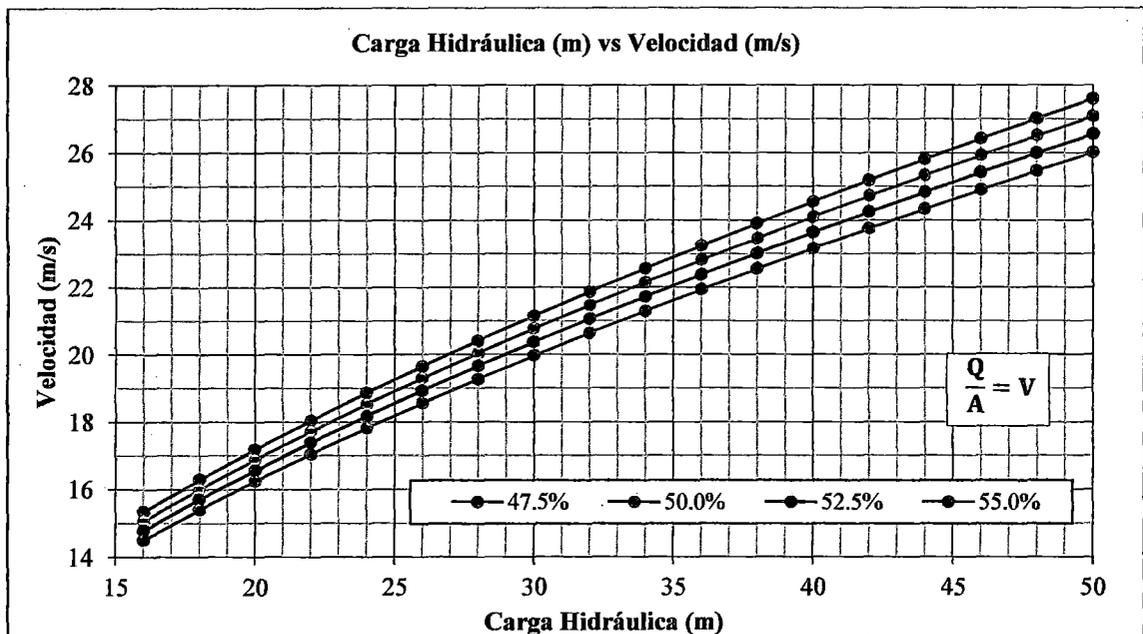
En la tabla N°5, se observa que para el rango de 47.5% a 55.0%, el caudal de descarga varía de 4630.45L/s a 9101.18 L/s. Del mismo modo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el orden de 47.5% a 55.0% porcentaje de apertura. Igualmente se presenta la relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s) y la relación carga hidráulica (H) vs velocidad (m/s). Ver figura N°32 y N°33.

**Figura N° 32:** Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 47.5% a 55.0%.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 33:** Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 47.5% a 55.0%.



Fuente: Elaboración propia.

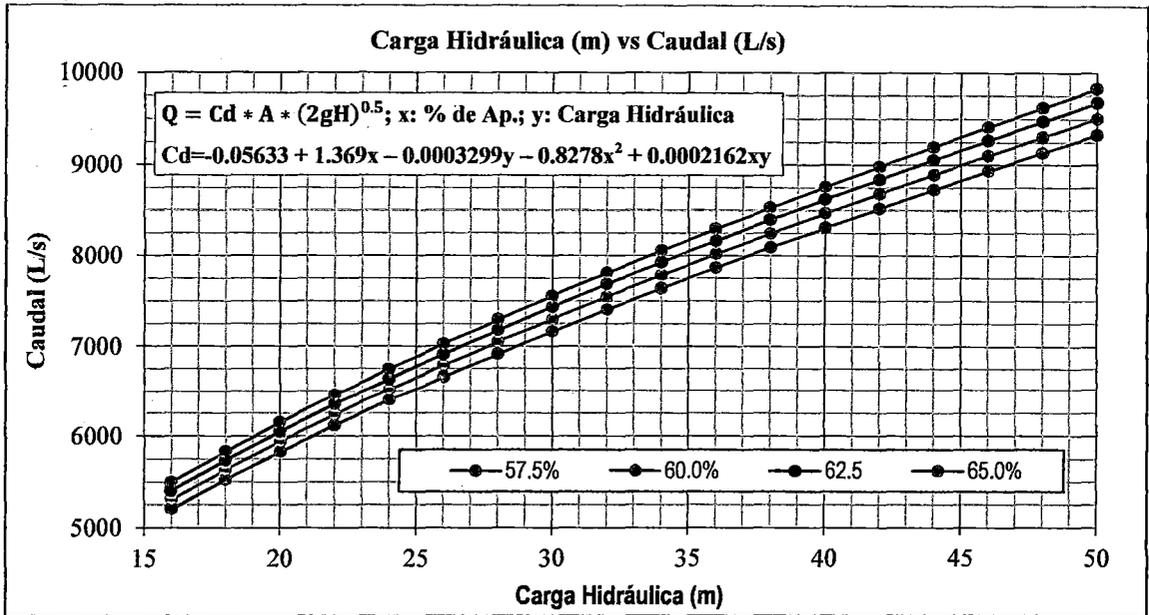
**Tabla N° 6:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 57.5% a 65.0%

| H<br>(m) | % Apertura<br>57.5% |                    | % Apertura<br>60.0% |                    | % Apertura<br>62.5% |                    | % Apertura<br>65.0% |                    |
|----------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|          | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) |
| 16       | 5199.20             | 14.16              | 5300.62             | 13.89              | 5399.67             | 13.58              | 5487.05             | 13.27              |
| 18       | 5519.49             | 15.04              | 5626.95             | 14.74              | 5731.87             | 14.42              | 5824.42             | 14.09              |
| 20       | 5823.22             | 15.86              | 5936.37             | 15.55              | 6046.83             | 15.21              | 6144.25             | 14.86              |
| 22       | 6112.87             | 16.65              | 6231.41             | 16.33              | 6347.12             | 15.96              | 6449.15             | 15.60              |
| 24       | 6390.35             | 17.41              | 6514.02             | 17.07              | 6634.73             | 16.69              | 6741.15             | 16.30              |
| 26       | 6657.18             | 18.14              | 6785.76             | 17.78              | 6911.24             | 17.38              | 7021.85             | 16.98              |
| 28       | 6914.60             | 18.84              | 7047.88             | 18.46              | 7177.94             | 18.05              | 7292.57             | 17.64              |
| 30       | 7163.63             | 19.52              | 7301.43             | 19.13              | 7435.89             | 18.70              | 7554.37             | 18.27              |
| 32       | 7405.10             | 20.17              | 7547.27             | 19.77              | 7685.96             | 19.33              | 7808.16             | 18.88              |
| 34       | 7639.75             | 20.81              | 7786.12             | 20.40              | 7928.91             | 19.94              | 8054.69             | 19.48              |
| 36       | 7868.17             | 21.43              | 8018.63             | 21.01              | 8165.36             | 20.54              | 8294.61             | 20.06              |
| 38       | 8090.91             | 22.04              | 8245.31             | 21.60              | 8395.88             | 21.12              | 8528.48             | 20.62              |
| 40       | 8308.41             | 22.63              | 8466.64             | 22.18              | 8620.94             | 21.68              | 8756.79             | 21.18              |
| 42       | 8521.08             | 23.21              | 8683.04             | 22.75              | 8840.94             | 22.24              | 8979.95             | 21.72              |
| 44       | 8729.27             | 23.78              | 8894.86             | 23.30              | 9056.28             | 22.78              | 9198.35             | 22.24              |
| 46       | 8933.30             | 24.34              | 9102.24             | 23.85              | 9267.26             | 23.31              | 9412.32             | 22.76              |
| 48       | 9133.45             | 24.88              | 9306.01             | 24.38              | 9474.18             | 23.83              | 9622.15             | 23.27              |
| 50       | 9329.96             | 25.42              | 9505.88             | 24.90              | 9677.31             | 24.34              | 9828.12             | 23.77              |

Fuente: Elaboración propia.

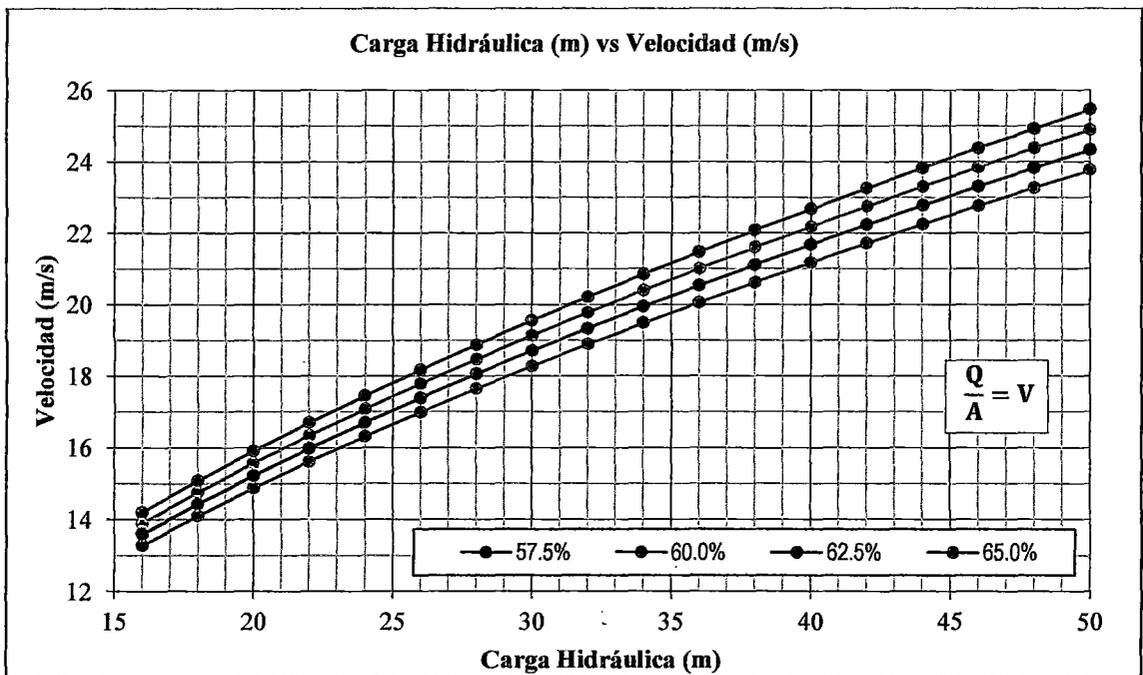
En la tabla N°6, se observa que para el rango de 57.5% a 65.0%, el caudal de descarga varía de 5199.20L/s a 9828.12L/s. Del mismo modo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el orden de 57.5% a 65.0% porcentaje de apertura. Igualmente se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°34 y N°35.

**Figura N° 34:** Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 57.5% a 65.0%.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 35:** Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 57.5% a 65.0%.



Fuente: Elaboración propia.

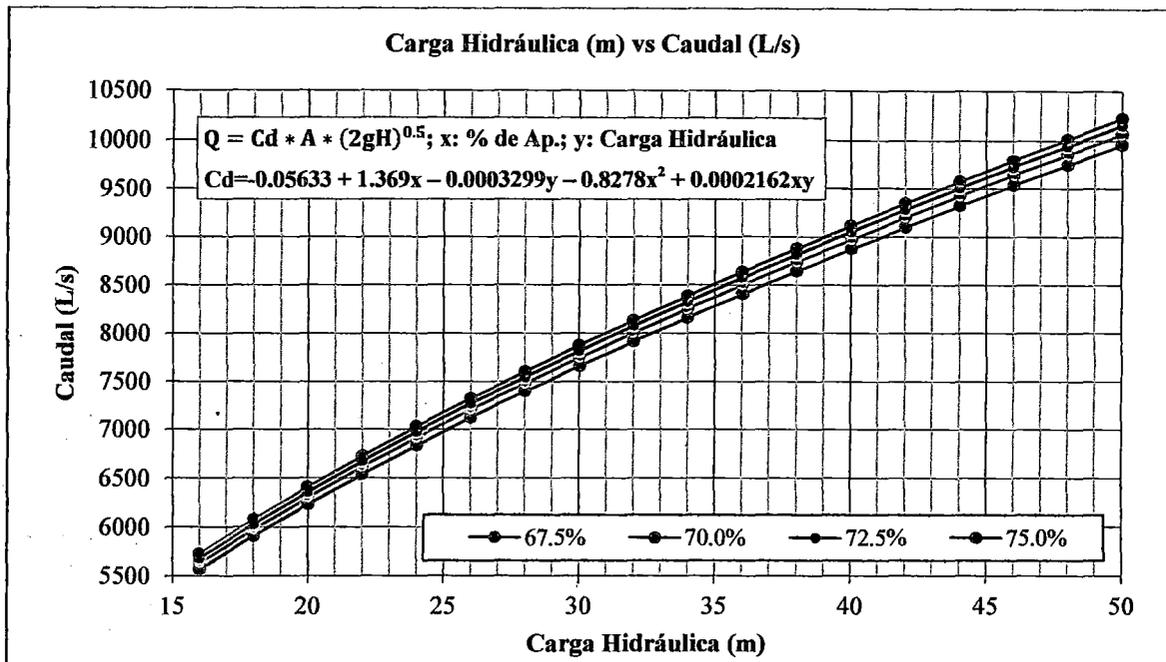
**Tabla N° 7: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 57.5% a 65.0%**

| H<br>(m) | % Ap.<br>67.5% |           | % Ap.<br>70.0% |           | % Ap.<br>72.5% |           | % Ap.<br>75.0% |           |
|----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
|          | Q              | Velocidad | Q              | Velocidad | Q              | Velocidad | Q              | Velocidad |
|          | (L/s)          | (m/s)     | (L/s)          | (m/s)     | (L/s)          | (m/s)     | (L/s)          | (m/s)     |
| 16       | 5562.77        | 12.95     | 5626.82        | 12.64     | 5679.22        | 12.31     | 5719.94        | 11.99     |
| 18       | 5904.61        | 13.75     | 5972.24        | 13.41     | 6027.86        | 13.07     | 6070.93        | 12.72     |
| 20       | 6228.64        | 14.50     | 6299.98        | 14.15     | 6358.28        | 13.79     | 6403.55        | 13.42     |
| 22       | 6537.51        | 15.22     | 6612.20        | 14.85     | 6673.20        | 14.47     | 6720.53        | 14.09     |
| 24       | 6833.29        | 15.91     | 6911.14        | 15.52     | 6974.71        | 15.12     | 7024.00        | 14.72     |
| 26       | 7117.60        | 16.58     | 7198.48        | 16.16     | 7264.49        | 15.75     | 7315.63        | 15.33     |
| 28       | 7391.77        | 17.21     | 7475.54        | 16.79     | 7543.88        | 16.36     | 7596.79        | 15.92     |
| 30       | 7656.89        | 17.83     | 7743.43        | 17.39     | 7814.00        | 16.94     | 7868.60        | 16.49     |
| 32       | 7913.86        | 18.43     | 8003.07        | 17.97     | 8075.79        | 17.51     | 8132.01        | 17.04     |
| 34       | 8163.47        | 19.01     | 8255.24        | 18.54     | 8330.02        | 18.06     | 8387.79        | 17.58     |
| 36       | 8406.36        | 19.58     | 8500.61        | 19.09     | 8577.37        | 18.60     | 8636.64        | 18.10     |
| 38       | 8643.20        | 20.13     | 8739.75        | 19.63     | 8818.43        | 19.12     | 8879.13        | 18.61     |
| 40       | 8874.20        | 20.67     | 8973.26        | 20.15     | 9053.69        | 19.63     | 9115.78        | 19.11     |
| 42       | 9100.06        | 21.19     | 9201.28        | 20.66     | 9283.60        | 20.13     | 9347.02        | 19.59     |
| 44       | 9321.09        | 21.71     | 9424.48        | 21.16     | 9508.54        | 20.62     | 9573.25        | 20.06     |
| 46       | 9537.61        | 22.21     | 9643.22        | 21.65     | 9728.86        | 21.09     | 9794.82        | 20.53     |
| 48       | 9749.93        | 22.71     | 9857.50        | 22.14     | 9944.87        | 21.56     | 10012.03       | 20.98     |
| 50       | 9958.31        | 23.29     | 10067.88       | 22.61     | 10156.84       | 22.02     | 10225.17       | 21.43     |

Fuente: Elaboración propia.

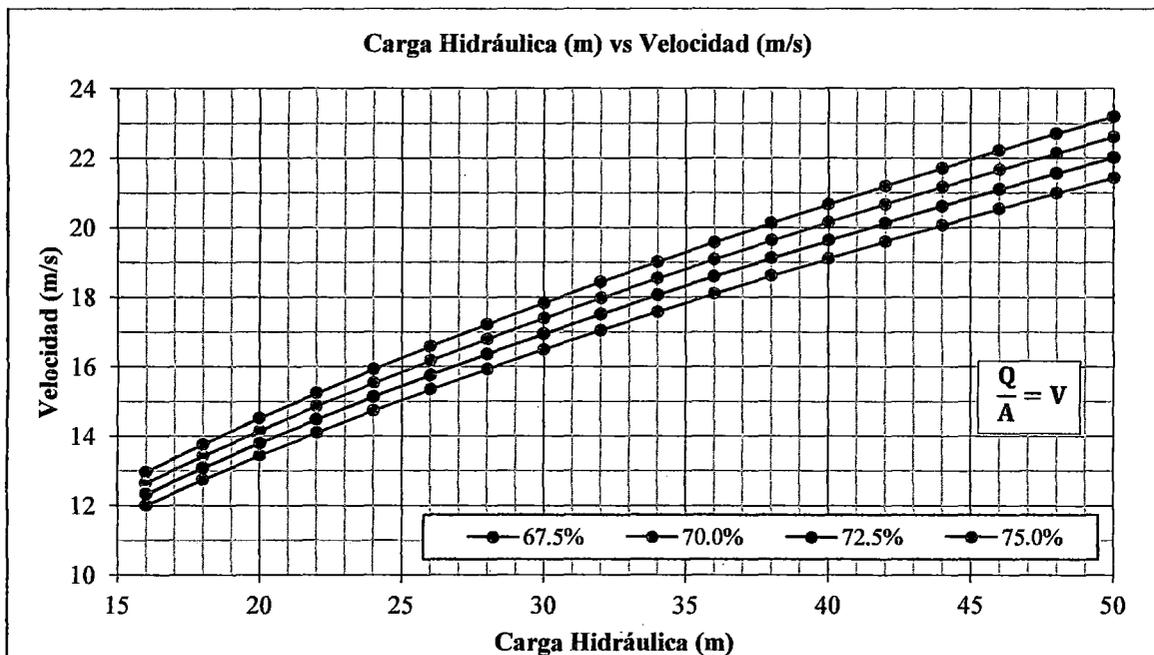
En la tabla N°7, se observa que para el rango de 67.5% a 75.0%, el caudal de descarga varía de 5562.77.20L/s a 10225.17L/s. De igual manera se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el orden de 67.5% a 75.0% porcentaje de apertura. Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°36 y N°37.

**Figura N° 36:** Relación Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 67.5% a 75.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 37:** Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°01 y N°02, para el porcentaje de apertura que varía de 67.5% a 75.0%



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3 Determinación del Cd “Compuerta de regulación N°01 y N°02”

En la tabla N°8 se muestra dos coeficientes de descarga, el coeficiente de descarga real y el coeficiente de descarga determinado mediante la función polinómica obtenida del Software Matlab. Cabe mencionar que la calibración de las compuertas de regulación, se resume básicamente a encontrar el Cd o una función que permita encontrar el coeficiente de descarga.

Los valores del Cd real es el producto de calcular mediante la ecuación 3.2.1, y los valores del Cd determinado, es el producto obtenido mediante la función polinómica del Software Matlab.

Los resultados del Cd (real y determinado) se calcularon de la misma base de datos, por lo tanto en teoría ambos resultados deberían ser iguales. Sin embargo para nuestro caso no sucede, Debido el bajo número de aforos con el que cuenta la compuerta de regulación N°01 y N°02. Esta diferencia entre Cd, se refleja en los caudales ver tabla N°9, por lo tanto la calibración para estas compuertas no presenta un buen ajuste.

**Tabla N° 8:** Caudales determinados y aforados para la compuerta de regulación N°01 y N°02

| Ítem | Porcentaje de apertura | Cd Real | Cd Determinado |
|------|------------------------|---------|----------------|
| 1    | 80.0%                  | 0.536   | 0.505          |
| 2    | 70.0%                  | 0.479   | 0.491          |
| 3    | 60.0%                  | 0.464   | 0.461          |
| 4    | 50.0%                  | 0.446   | 0.415          |
| 5    | 40.0%                  | 0.364   | 0.352          |
| 6    | 30.0%                  | 0.303   | 0.270          |
| 7    | 22.0%                  | 0.212   | 0.192          |
| 8    | 21.0%                  | 0.208   | 0.182          |
| 9    | 20.0%                  | 0.196   | 0.176          |
| 10   | 16.0%                  | 0.151   | 0.135          |
| 11   | 15.0%                  | 0.144   | 0.119          |
| 12   | 14.0%                  | 0.126   | 0.107          |
| 13   | 12.0%                  | 0.103   | 0.084          |
| 14   | 10.0%                  | 0.082   | 0.060          |

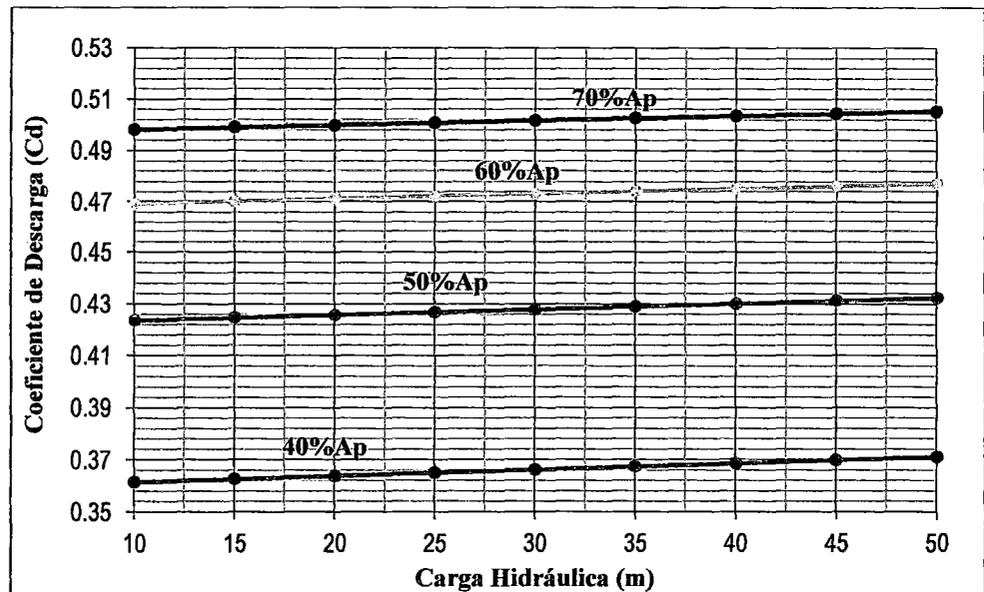
Fuente: Elaboración propia.

El mejor parámetro para calibrar nuestro Cd obtenido de la función polinómica, es comparar con el Cd despejado directamente de la ecuación general de orificios, por lo tanto el Cd determinado no presenta un buen ajuste debido a la poca información con la que se cuenta.

#### 4.1.4 Variación del coeficiente de descarga CR N°01 y N°02

En la figura N°38, se presenta la variación del coeficiente de descarga, incrementando carga hidráulica y manteniendo constante el área.

Figura N° 38: Variación del coeficiente de descarga



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.5 Caudales aforados y caudales determinados mediante ecuación para la CR N°01 y N°02

En esta parte del estudio se presenta los caudales determinados mediante la siguiente ecuación  $Q = Cd * A * (2gH)^{0.5}$  y los caudales reales o aforados. Del mismo modo se determina el porcentaje de error el cual se expresa mediante la siguiente expresión.

% E: % de error

$$\% E = \frac{Q. Aforado - Q. Determinado mediante ecuación}{Q. Aforado} \dots \dots \dots (4.1.3)$$

**Tabla N° 9: Caudales determinados y aforados para la compuerta de regulación N°01 y N°02**

| Ítem | Fecha      | Q. Aforado (L/s) | Q. Determinado mediante ecuación (L/s) | % Error |
|------|------------|------------------|--|---------|
| 1    | 12/03/2011 | 1245.7           | 1101.7                                 | 11.6    |
| 2    | 01/24/2003 | 1329.0           | 1235.0                                 | 7.1     |
| 3    | 13/03/2007 | 1372.6           | 1478.9                                 | -7.7    |
| 4    | 16/03/2007 | 1341.5           | 1478.9                                 | -10.2   |
| 5    | 20/03/2002 | 1334.5           | 1317.5                                 | 1.3     |
| 6    | 23/03/2007 | 1393.4           | 1473.7                                 | -5.8    |
| 7    | 16/03/2009 | 1400.6           | 1511.0                                 | -7.9    |
| 8    | 10/02/2011 | 1733.0           | 1678.1                                 | 3.2     |
| 9    | 11/02/2011 | 1744.9           | 1684.1                                 | 3.5     |
| 10   | 12/02/2011 | 1732.5           | 1682.7                                 | 2.9     |
| 11   | 16/03/2012 | 1444.1           | 1627.1                                 | -12.7   |
| 12   | 19/03/2012 | 1455.5           | 1631.2                                 | -12.1   |
| 13   | 23/03/2012 | 1573.0           | 1629.5                                 | -3.6    |
| 14   | 06/03/2011 | 1687.5           | 1575.0                                 | 6.7     |
| 15   | 08/03/2011 | 1698.2           | 1560.5                                 | 8.1     |
| 16   | 23/03/2007 | 1806.8           | 1886.3                                 | -4.4    |
| 17   | 14/03/2009 | 1842.5           | 1950.8                                 | -5.9    |
| 18   | 23/01/2012 | 1800.7           | 1999.1                                 | -11.0   |
| 19   | 30/01/2012 | 1837.9           | 2092.5                                 | -13.9   |
| 20   | 08/03/2007 | 2264.0           | 2355.6                                 | -4.0    |
| 21   | 01/24/2003 | 2516.2           | 2244.1                                 | 10.8    |
| 22   | 15/02/2002 | 2526.0           | 2238.2                                 | 11.4    |
| 23   | 19/02/2002 | 2446.0           | 2211.6                                 | 9.6     |
| 24   | 06/03/2009 | 2500.0           | 2696.0                                 | -7.8    |
| 25   | 05/03/2012 | 2460.0           | 2674.0                                 | -8.7    |
| 26   | 06/03/2012 | 2463.8           | 2677.6                                 | -8.7    |
| 27   | 12/03/2012 | 2704.9           | 2732.6                                 | -1.0    |
| 28   | 13/03/2009 | 2720.5           | 2875.2                                 | -5.7    |
| 29   | 01/23/2002 | 3028.0           | 2900.1                                 | 4.2     |
| 30   | 28/04/2007 | 2351.0           | 2479.5                                 | -5.5    |
| 31   | 02/03/2005 | 3294.5           | 3210.4                                 | 2.6     |

Fuente: Elaboración propia.

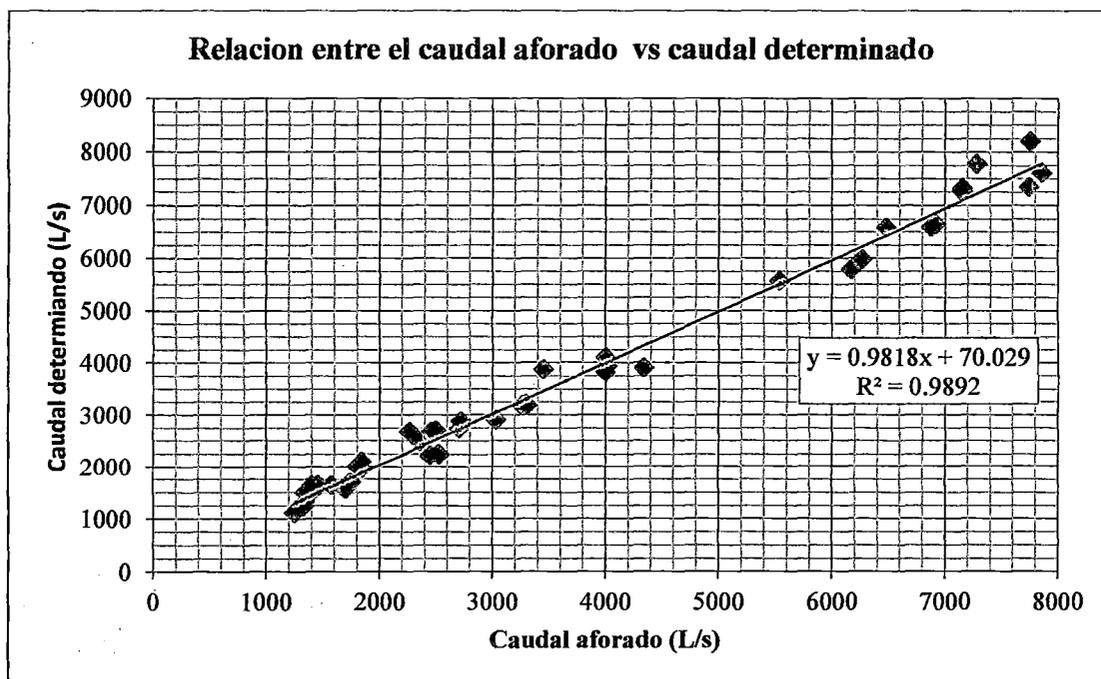
**Tabla N° 10: Caudales determinados y aforados para  
la compuerta de regulación N°01 y N°02**

| Ítem | Fecha      | Q. Aforado<br>(L/s) | Q. Determinado<br>mediante ecuación (L/s) | %<br>Error |
|------|------------|---------------------|---|------------|
| 29   | 01/23/2002 | 3028.0              | 2900.1                                    | 4.2        |
| 30   | 28/04/2007 | 2351.0              | 2479.5                                    | -5.5       |
| 31   | 02/03/2005 | 3294.5              | 3210.4                                    | 2.6        |
| 32   | 02/03/2005 | 3294.5              | 3210.4                                    | 2.6        |
| 33   | 02/03/2006 | 3256.0              | 3176.9                                    | 2.4        |
| 34   | 14/03/2002 | 3306.4              | 3175.9                                    | 3.9        |
| 35   | 03/03/2011 | 4339.4              | 3907.3                                    | 10.0       |
| 36   | 16/01/2012 | 3451.5              | 3868.0                                    | -12.1      |
| 37   | 07/03/2009 | 4000.0              | 4096.4                                    | -2.4       |
| 38   | 01/03/2010 | 4001.0              | 3824.1                                    | 4.4        |
| 39   | 01/03/2012 | 4014.0              | 3936.7                                    | 1.9        |
| 40   | 25/02/2011 | 6266.9              | 5979.5                                    | 4.6        |
| 41   | 28/02/2011 | 6167.3              | 5776.6                                    | 6.3        |
| 42   | 01/14/2003 | 5533.0              | 5565.1                                    | -0.6       |
| 43   | 01/04/2003 | 6915.0              | 6643.5                                    | 3.9        |
| 44   | 05/03/2005 | 6878.0              | 6594.8                                    | 4.1        |
| 45   | 01/21/2003 | 7153.0              | 7318.9                                    | -2.3       |
| 46   | 07/03/2008 | 7152.0              | 7272.7                                    | -1.7       |
| 47   | 01/03/2002 | 7282.0              | 7772.4                                    | -6.7       |
| 48   | 01/03/2009 | 6478.0              | 6587.7                                    | -1.7       |
| 49   | 01/18/2003 | 7753.0              | 8197.9                                    | -5.7       |
| 50   | 01/03/2006 | 7857.0              | 7606.1                                    | 3.2        |
| 51   | 01/03/2007 | 7742.0              | 7347.3                                    | 5.1        |

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°9 y N°10, se muestra los caudales calculados mediante ecuación y caudales determinados mediante aforos. Asimismo al realizar una comparación entre ambos caudales, se obtuvo un rango de errores que oscila entre 2.4 por ciento a 13.9 por ciento.

**Figura N° 39:** Relación de caudales aforados y determinados mediante ecuación



En la figura N°39, se muestra la relación que existe entre los caudales aforados y determinados mediante ecuación, teóricamente esta grafica debe ser una línea recta. Se observa que la relación entre ambos caudales es buena ( $R^2=0.9945$ ).

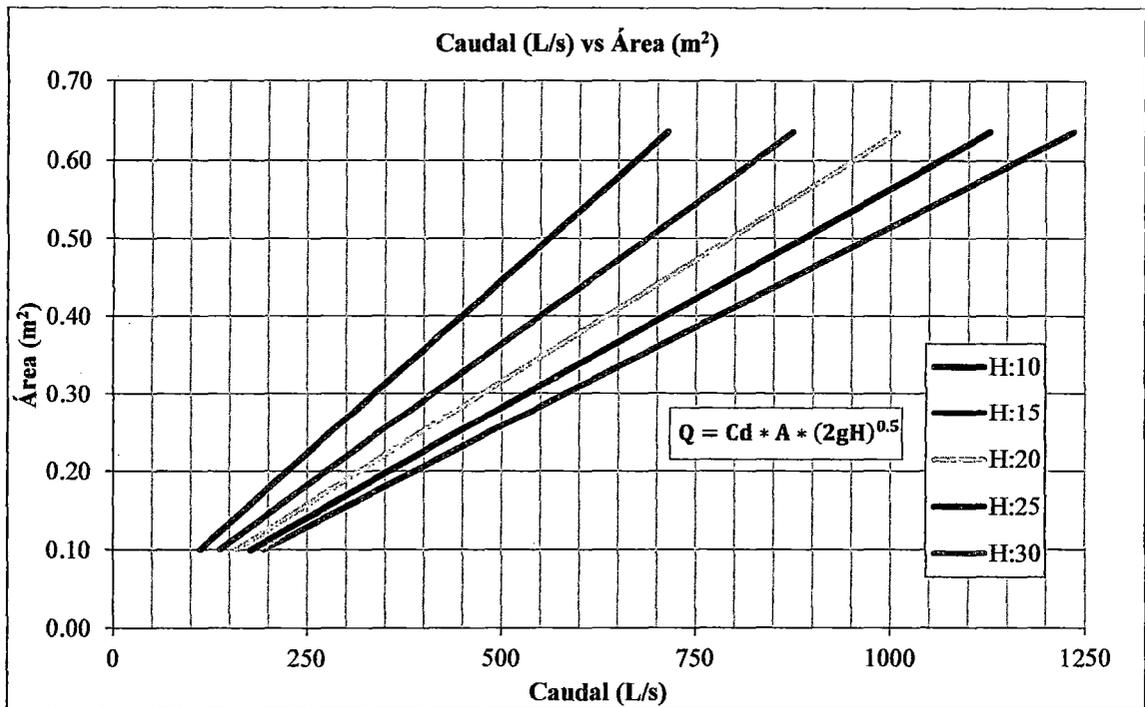
#### 4.1.6 Variación de caudales

En esta parte del capítulo se presenta gráficamente, la variación de los caudales, manteniendo constante una de las variables que conforman la ecuación general de orificios ver ecuación 2.13.3.

##### a. Área ( $m^2$ ) variable y Carga Hidráulica (m) constante

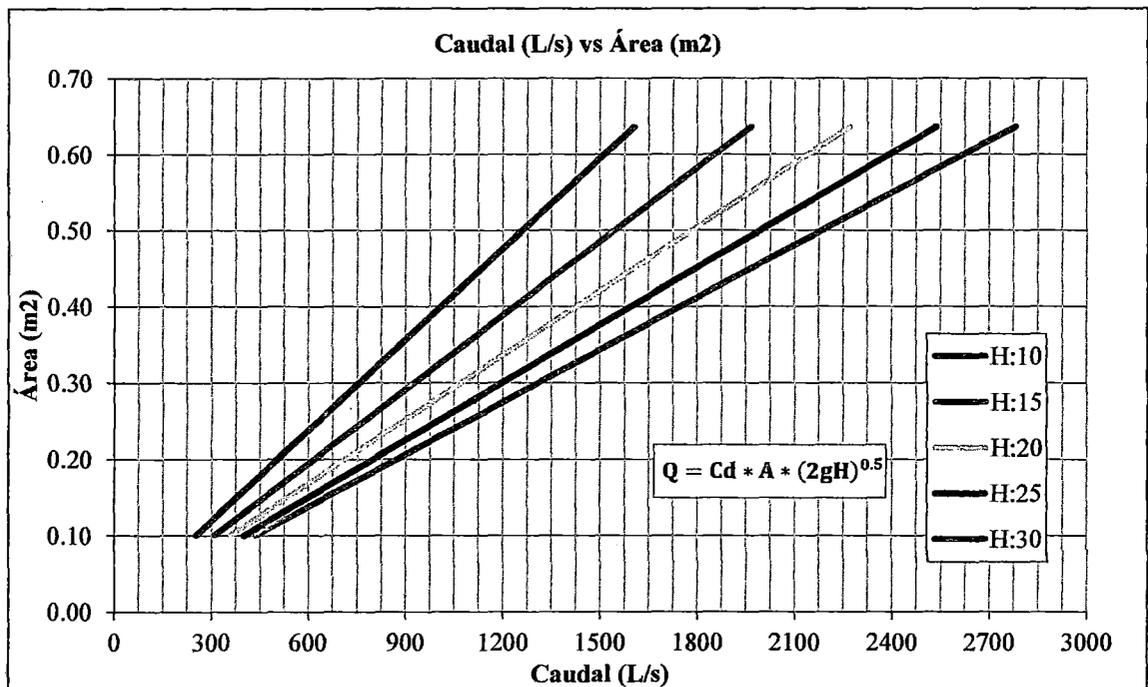
La ecuación que se utiliza para graficar la familia de curvas es la ecuación general de orificio el cual se presenta en la ecuación 2.13.3. En las figuras del N°40 al N°47, se presenta la variación de caudales manteniendo el área variable y la carga hidráulica constante, para los porcentajes de apertura de 10.0%, 20.0%, 30.0%, 40.0%, 50.0%, 60.0% ,70.0 y 80.0%, los resultados de las gráficas se presentan en el anexo C1.

**Figura N° 40:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.08 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02



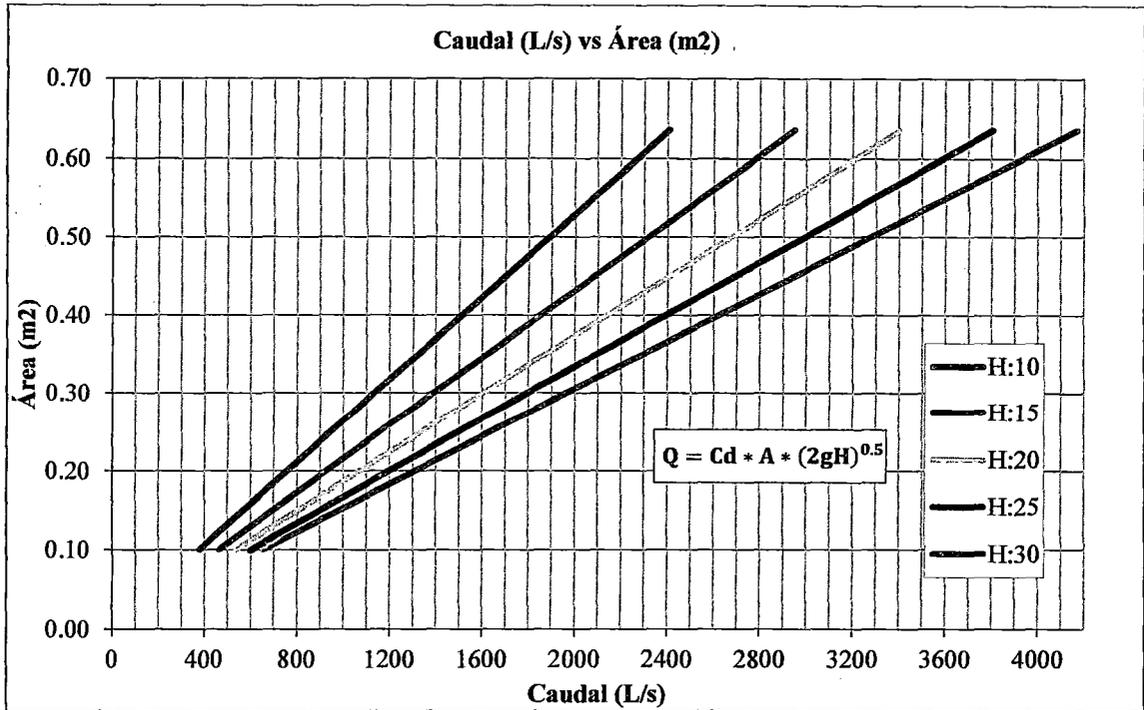
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 41:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd= 0.18 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02



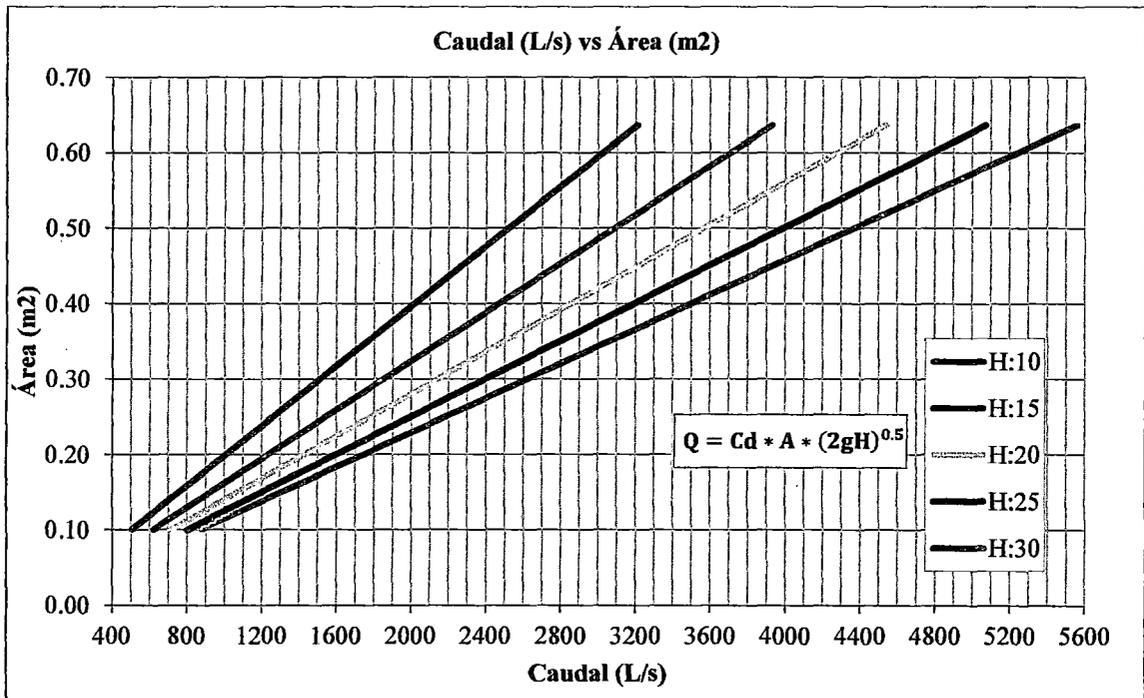
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 42:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=27 y Carga Hidráulica (H) constante. CR puerta de regulación N°01 y N°02



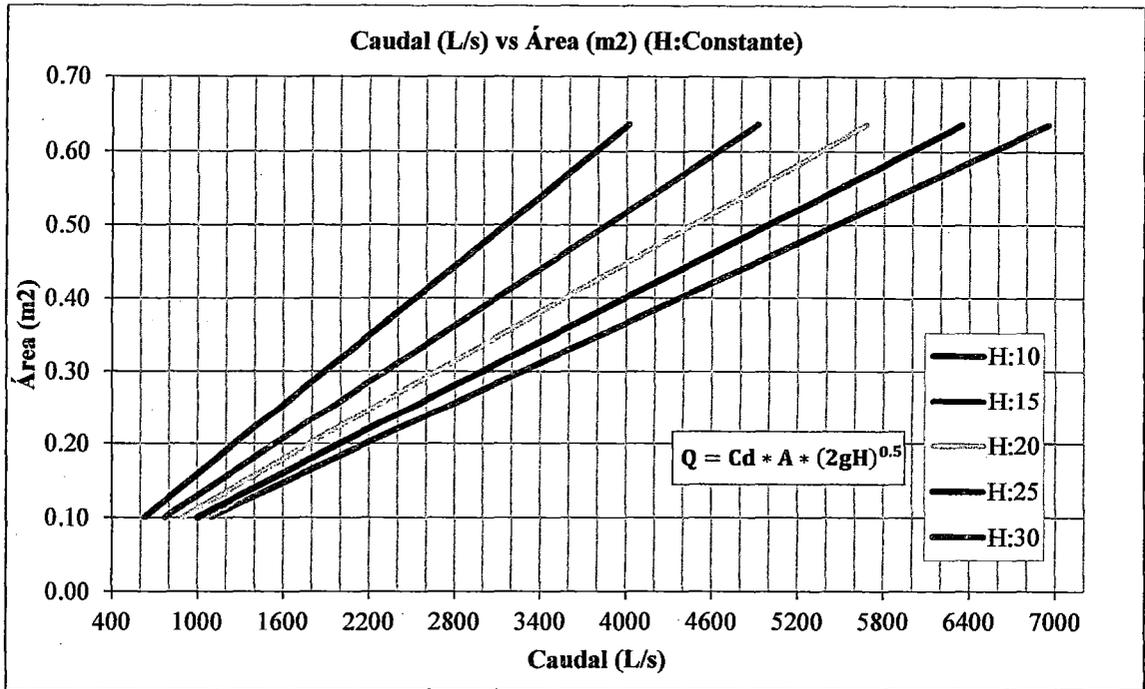
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 43:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.36 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02



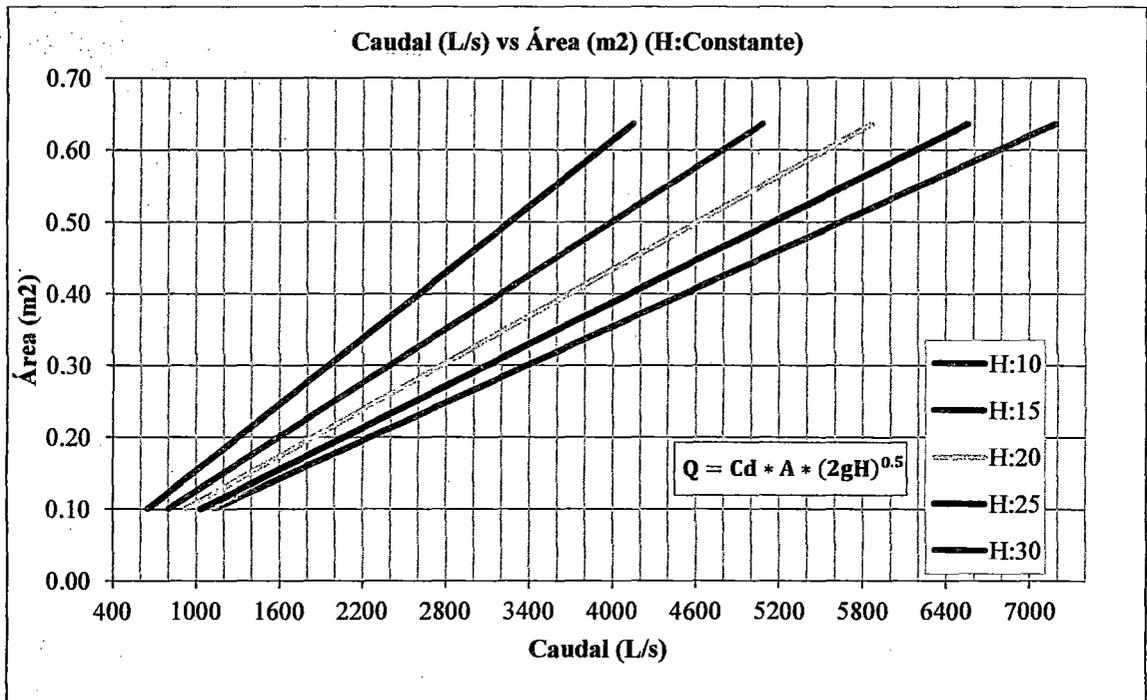
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 44:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.45 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02



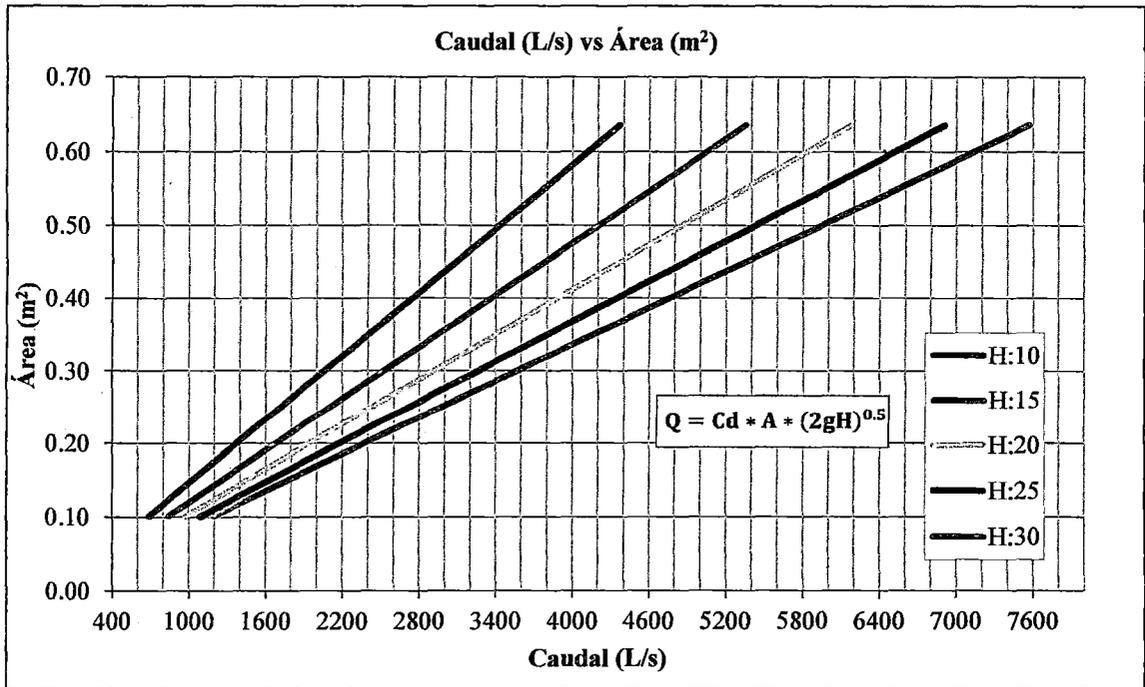
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 45:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.47 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02



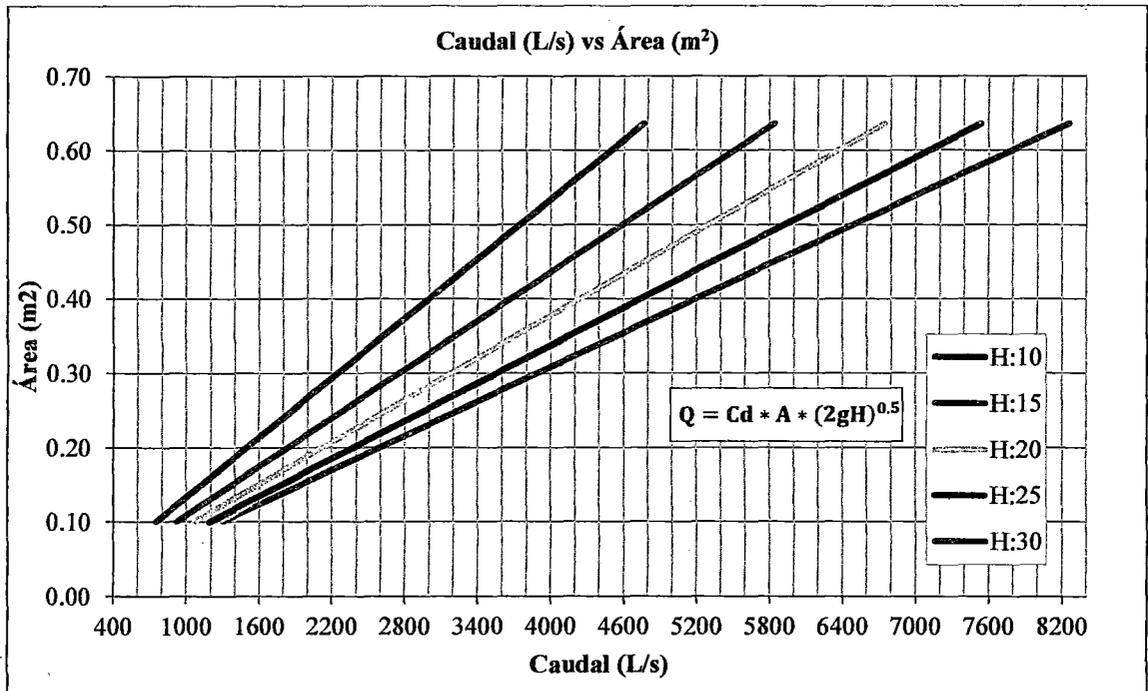
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 46:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.49 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 47:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.54 y Carga Hidráulica (H) constante. CR N°01 y N°02



Fuente: Elaboración Propia.

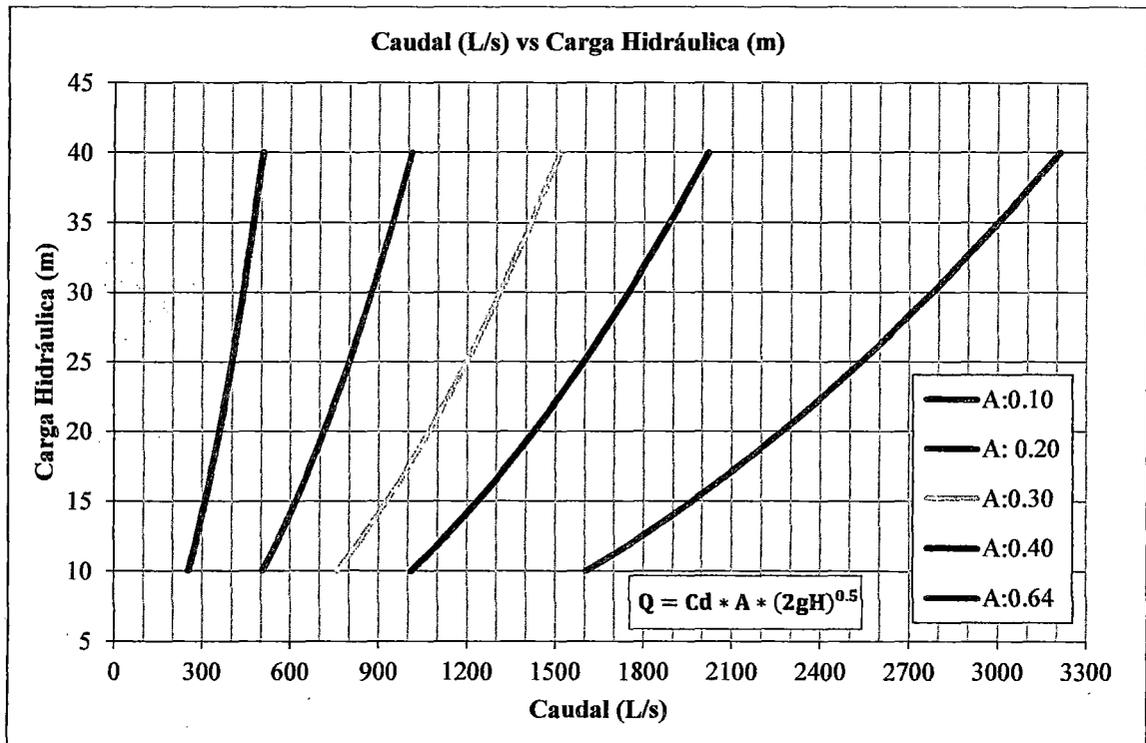
### b. Carga hidráulica variable (m) y Área (m<sup>2</sup>) constante

La ecuación que se utiliza para graficar la familia de curvas es la ecuación general de orificio el cual se representa en la ecuación 2.13.3, los resultados de las gráficas se presentan en el anexo D1.

#### a. Compuerta de regulación N°1 y N°02

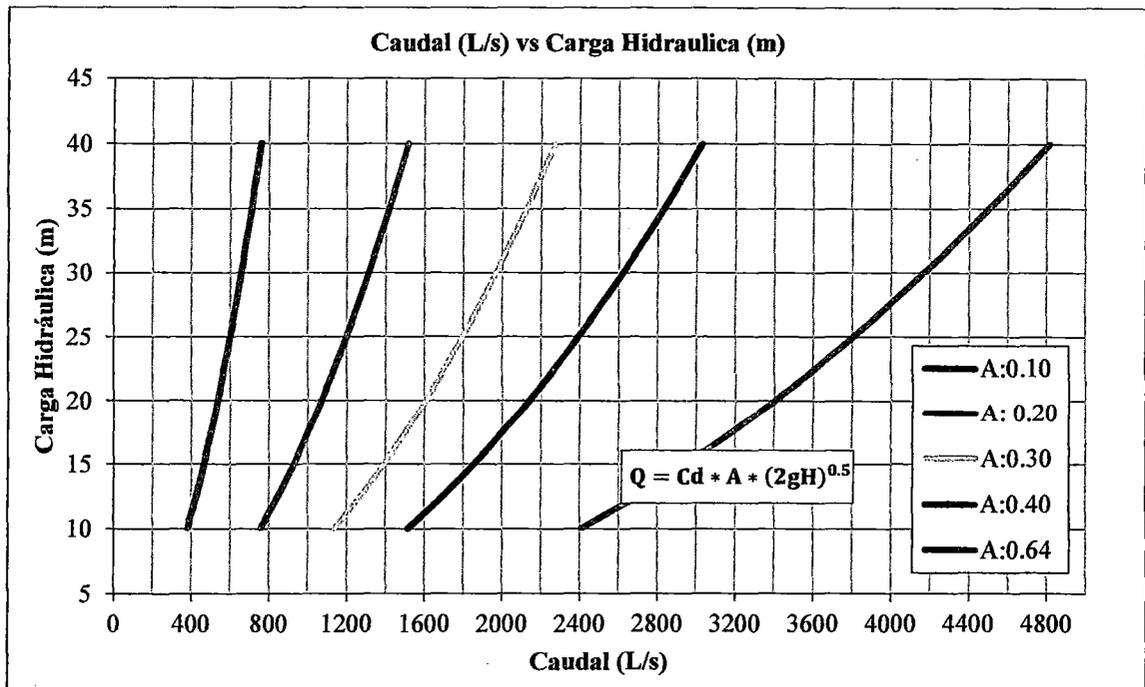
En las figuras del N°48 al N°55, se presenta la variación de caudales manteniendo la carga hidráulica variable y el área constante, para los porcentajes de apertura de 10.0%, 20.0%, 30.0%, 40.0%, 50.0%, 60.0% ,70.0 y 80.0%.

**Figura N° 48:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=0.08$  y Área (m<sup>2</sup>) constante, CR N°01 y N°02



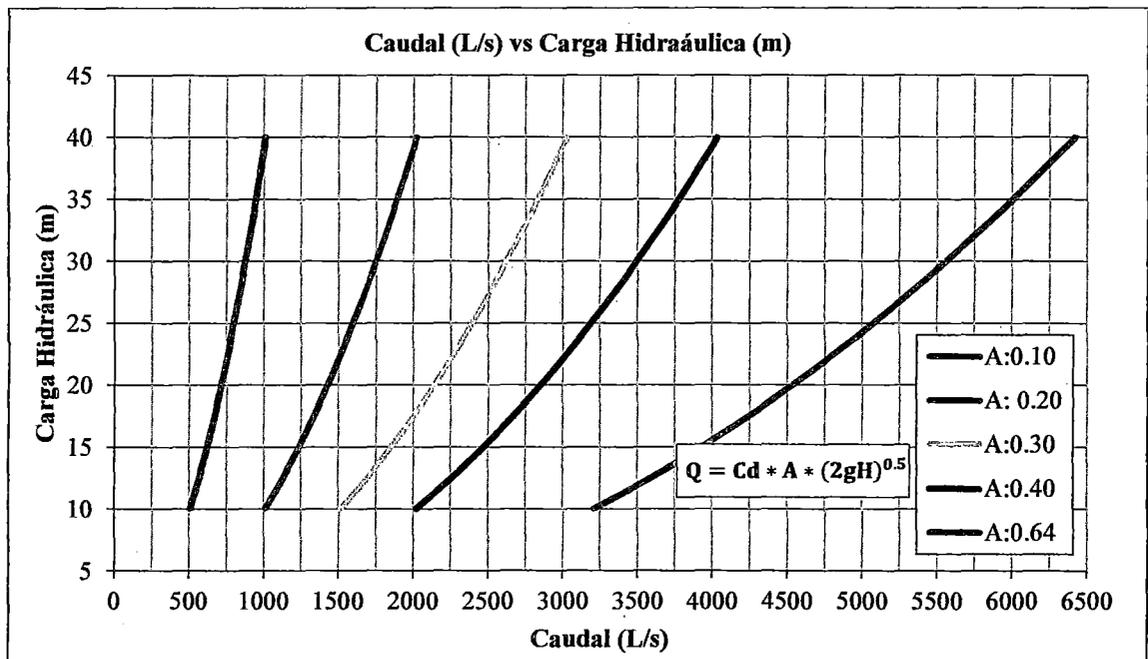
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 49:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=0.18$  y Área ( $m^2$ ) constante, CR N°01 y N°02



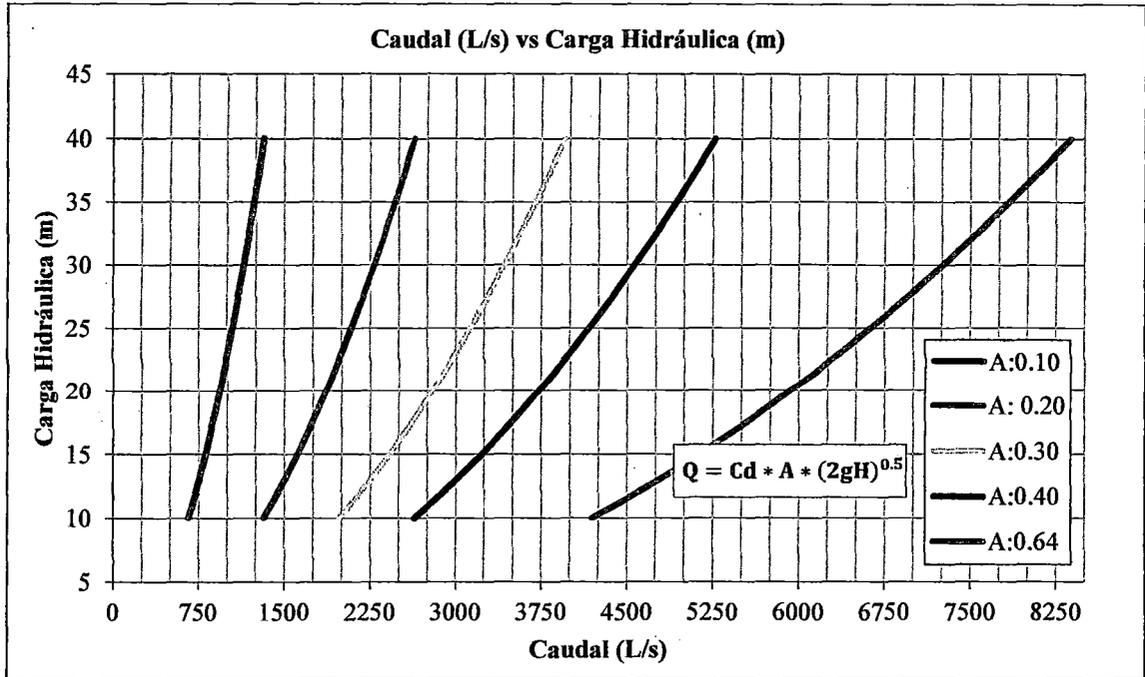
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 50:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=27$  y Área ( $m^2$ ) constante, CR N°01 y N°02



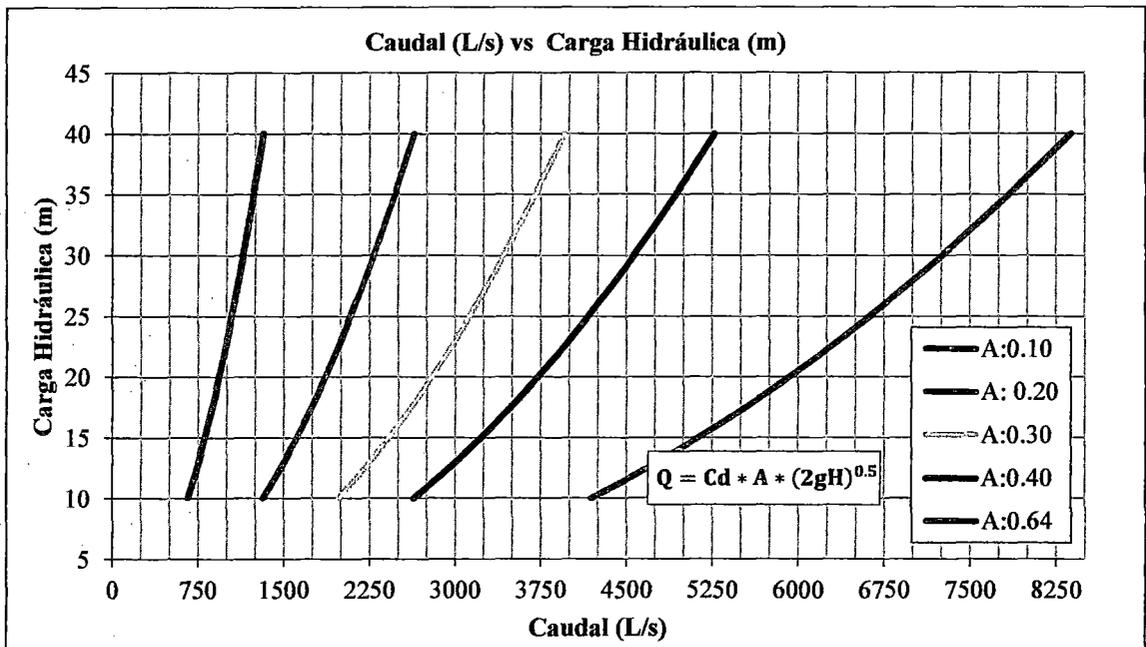
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 51:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=0.36$  y Área ( $m^2$ ) constante, CR N°01 y N°02



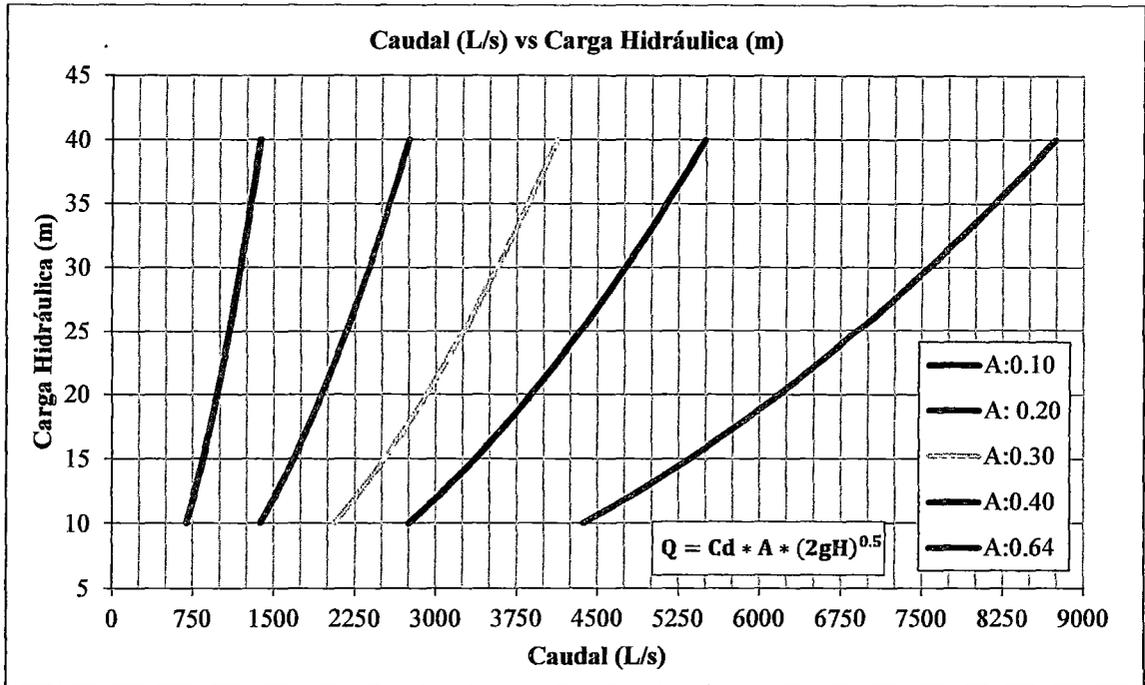
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 52:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=0.45$  y Área ( $m^2$ ) constante, CR N°01 y N°02



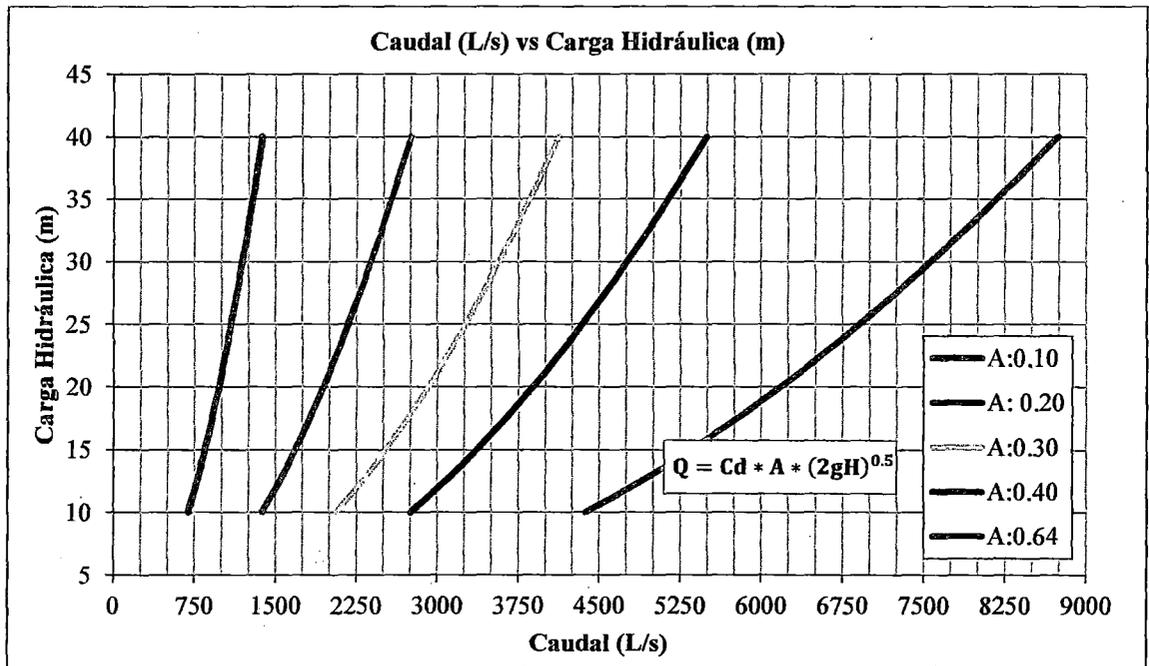
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 53:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=0.47$  y Área ( $m^2$ ) constante, CR N°01 y N°02



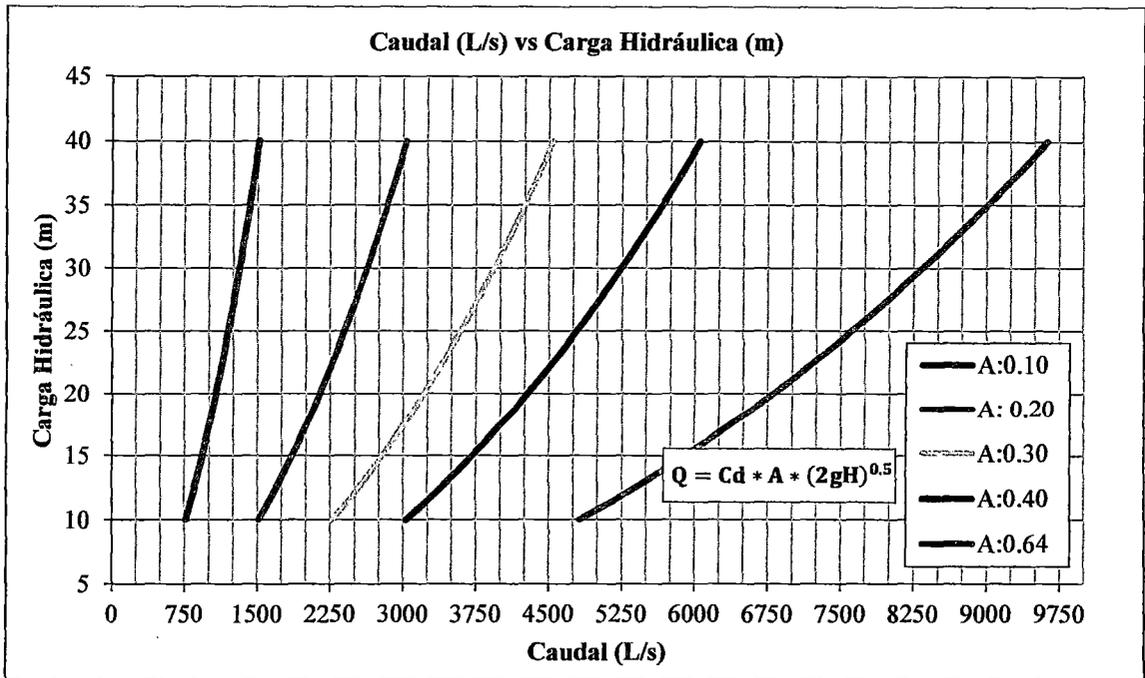
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 54:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=0.49$  y Área ( $m^2$ ) constante, CR N°01 y N°02



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 55:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=0.54$  y Área ( $m^2$ ) constante, CR N°01 y N°02

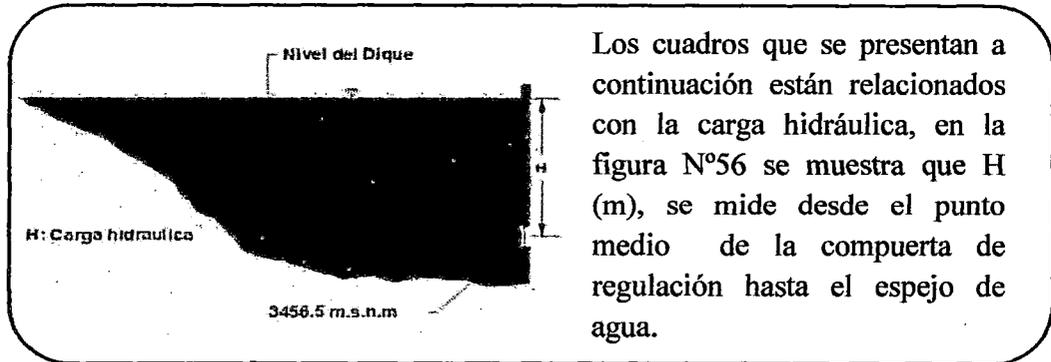


Fuente: Elaboración Propia.

## 4.2 Compuerta de regulación N°03

Los resultados producto de la calibración para la compuerta de regulación N°03, se presentan en las tablas del N°11 al N°28 y en las figuras del N°57 al N°92.

**Figura N° 56: Carga hidráulica.**



Fuente: Elaboración propia

El área hidráulica de las compuertas es  $0.15\text{m}^2$  con un diámetro de  $0.44\text{m}$ , la ecuación utilizada para el cálculo del caudal forado y el coeficiente de descarga es la ecuación general de orificios ver ecuación 3.2.1.

### 4.2.1 Relación “Cd - %Ap - H” compuerta de regulación N°03

Para obtener esta relación se trabajó en el software Matlab 2013, obteniéndose una función polinómica de segundo grado, de la forma:

$$z = a + bx + cy + dx^2 + exy \dots \dots \dots (4.2.1)$$

Donde:

a,b,c,d,e: Son constantes.

z: Coeficiente de descarga

x: % de apertura de la compuerta de regulación N°03.

y: Carga hidráulica.

#### a. Modelo polinómico

El modelo polinómico de segundo grado que se muestra a continuación es el resultado de procesar todos los datos de aforos, que se encuentran dentro del 95% de confianza.

$$f(x,y) = p00 + p10*x + p01*y + p20*x^2 + p11*x*y$$

Porcentaje de confianza del 95%

$$p00 = -0.07374 \quad (-0.08764, -0.05984)$$

$$p10 = 1.635 \quad (1.547, 1.723)$$

$$p01 = -0.0002739 \quad (-0.0006079, 6.001e-05)$$

$$p20 = -1.282 \quad (-1.361, -1.203)$$

$$p11 = 0.001923 \quad (0.0001704, 0.003676)$$

SSE: 0.008216

R-square: 0.9941

Adjusted R-square: 0.994

RMSE: 0.005721

Donde:

$f(x,y)$ : Coeficiente de descarga

x: % de apertura de las compuertas de regulación N°03.

y: Carga hidráulica (m)

Finalmente el coeficiente de descarga, reemplazando las constantes determinado anteriormente con el software Matlab, queda de la siguiente forma.

$$Cd = -0.07374 + 1.635x - 0.0002739y - 1.282x^2 + 0.001923xy \dots \dots \dots (4.2.2)$$

#### 4.2.2 Descarga a diferentes %Ap de las compuertas de regulación N°03

Los resultados de las descargas de las compuertas de regulación N°03 se presenta en la tablas del N°11 al N°28, donde el porcentaje de apertura (%Ap) varía de 10.0% a 65.0%, con un incremento de 2.5%. Asimismo la carga hidráulica (H) varía de 16m a 50m, con un incremento de 2m.

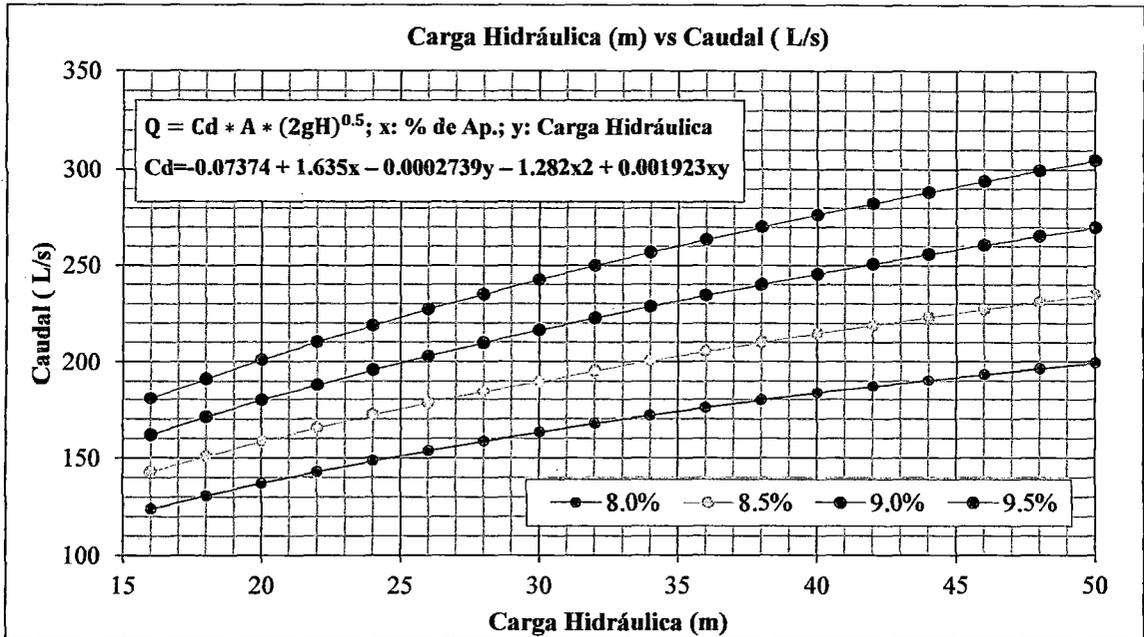
**Tabla N° 11: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 8.0% a 9.5%**

|    | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           |
|----|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|    | 8.00%      |           | 8.50%      |           | 9.00%      |           | 9.50%      |           |
| H  | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad |
| m  | L/s        | (m/s)     | L/s        | (m/s)     | L/s        | (m/s)     | L/s        | (m/s)     |
| 16 | 123.59     | 6.93      | 142.73     | 7.68      | 161.71     | 8.37      | 180.52     | 9.12      |
| 18 | 130.41     | 7.31      | 150.77     | 8.12      | 170.96     | 8.85      | 190.96     | 9.52      |
| 20 | 136.76     | 7.67      | 158.28     | 8.52      | 179.61     | 9.30      | 200.75     | 10.01     |
| 22 | 142.69     | 8.15      | 165.32     | 8.90      | 187.75     | 9.72      | 209.99     | 10.47     |
| 24 | 148.26     | 8.31      | 171.96     | 9.26      | 195.45     | 10.12     | 218.74     | 10.90     |
| 26 | 153.51     | 8.61      | 178.24     | 9.59      | 202.76     | 10.49     | 227.05     | 11.32     |
| 28 | 158.47     | 8.89      | 184.2      | 9.92      | 209.71     | 10.85     | 234.99     | 11.71     |
| 30 | 163.27     | 9.15      | 189.87     | 10.22     | 216.34     | 11.20     | 242.58     | 12.09     |
| 32 | 167.62     | 9.40      | 195.27     | 10.51     | 222.68     | 11.53     | 249.86     | 12.25     |
| 34 | 171.86     | 9.64      | 200.43     | 10.79     | 228.76     | 11.84     | 256.85     | 12.80     |
| 36 | 175.89     | 9.86      | 205.37     | 11.06     | 234.6      | 12.14     | 263.57     | 13.24     |
| 38 | 179.74     | 10.08     | 210.10     | 11.31     | 240.21     | 12.24     | 270.05     | 13.46     |
| 40 | 183.41     | 10.28     | 214.64     | 11.55     | 245.61     | 12.71     | 276.31     | 13.77     |
| 42 | 186.91     | 10.48     | 219.56     | 11.79     | 250.81     | 12.98     | 282.35     | 14.07     |
| 44 | 190.26     | 10.67     | 223.19     | 12.01     | 255.84     | 13.24     | 288.20     | 14.36     |
| 46 | 193.47     | 10.85     | 227.22     | 12.23     | 260.69     | 13.49     | 293.87     | 14.65     |
| 48 | 196.53     | 11.02     | 231.10     | 12.24     | 265.37     | 13.74     | 299.35     | 14.92     |
| 50 | 199.47     | 11.18     | 234.84     | 12.64     | 269.91     | 13.97     | 304.68     | 15.19     |

Fuente: Elaboración propia.

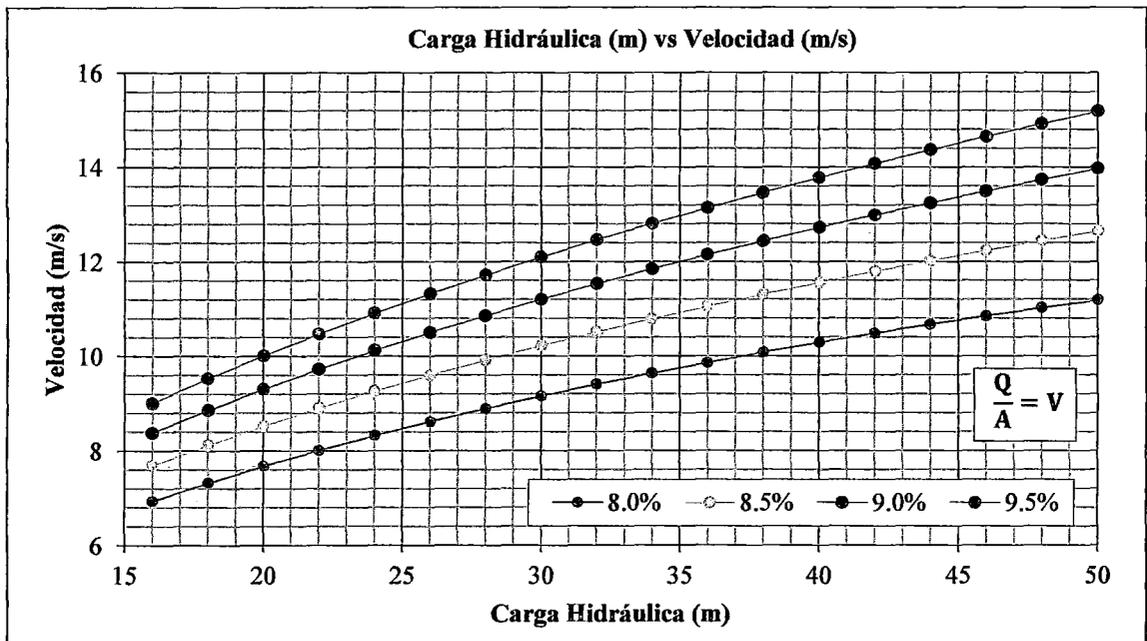
En la tabla N°11, se observa que para el rango de 8.0% a 9.5% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varia de 123.59L/s a 304.68 L/s. Del mismo modo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. Igualmente se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°57 y N°58.

**Figura N° 57:** Relación carga hidráulica (m) Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 8.0% a 9.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 58:** Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 8.0% - 9.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 12: Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 10.0% a 11.5%**

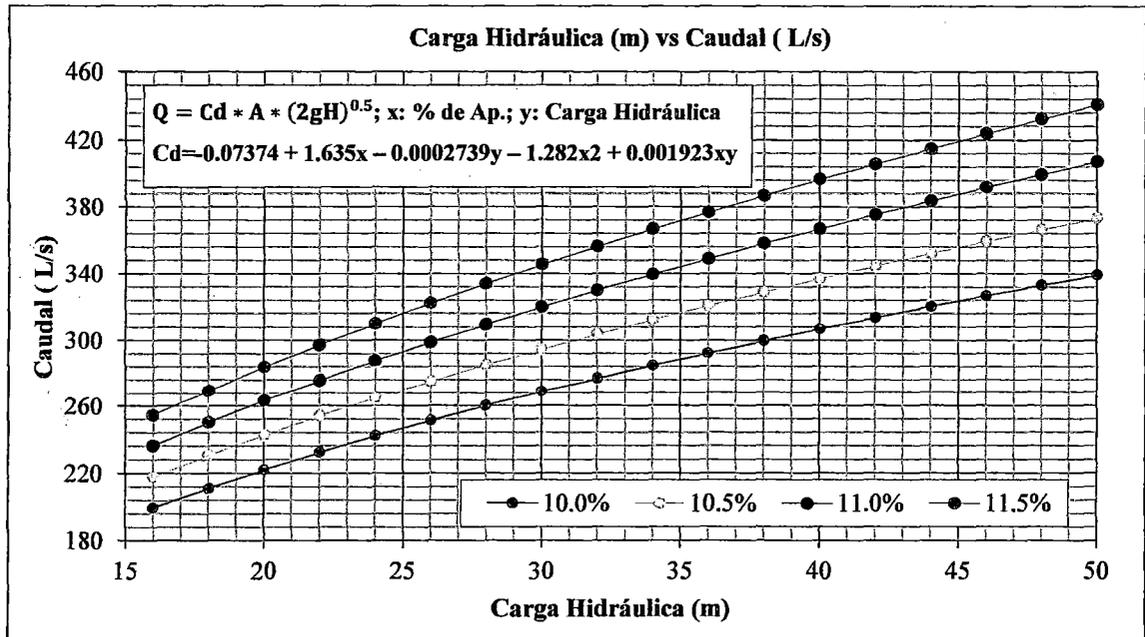
| H<br>(m) | % Apertura<br>10.00% |                    | % Apertura<br>10.50% |                    | % Apertura<br>11.00% |                    | % Apertura<br>11.50% |                    |
|----------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|          | Q<br>(L/s)           | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)           | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)           | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)           | Velocidad<br>(m/s) |
|          | 16                   | 199.16             | 11.17                | 217.63             | 11.71                | 235.93             | 12.21                | 254.06             |
| 18       | 210.78               | 11.82              | 230.43               | 12.24              | 249.89               | 12.93              | 269.18               | 13.42              |
| 20       | 221.7                | 12.24              | 242.24               | 13.05              | 263.04               | 13.62              | 283.43               | 14.13              |
| 22       | 232.02               | 13.01              | 253.86               | 13.67              | 275.5                | 14.26              | 296.94               | 14.8               |
| 24       | 241.81               | 13.56              | 264.68               | 14.25              | 287.35               | 14.87              | 309.8                | 15.44              |
| 26       | 251.14               | 14.08              | 275.01               | 14.8               | 298.66               | 15.46              | 322.1                | 16.05              |
| 28       | 260.05               | 14.58              | 284.89               | 15.34              | 309.5                | 16.02              | 333.89               | 16.64              |
| 30       | 268.59               | 15.06              | 294.37               | 15.85              | 319.91               | 16.56              | 345.23               | 17.21              |
| 32       | 276.79               | 15.52              | 303.48               | 16.34              | 329.94               | 17.08              | 356.16               | 17.75              |
| 34       | 284.68               | 15.96              | 312.27               | 16.81              | 339.62               | 17.58              | 366.71               | 18.28              |
| 36       | 292.29               | 16.39              | 320.76               | 17.27              | 348.97               | 18.06              | 376.93               | 18.79              |
| 38       | 299.64               | 16.80              | 328.96               | 17.71              | 358.03               | 18.53              | 386.83               | 19.28              |
| 40       | 306.74               | 17.20              | 336.91               | 18.14              | 366.81               | 18.99              | 396.44               | 19.76              |
| 42       | 313.62               | 17.59              | 344.61               | 18.55              | 375.33               | 19.43              | 405.78               | 20.23              |
| 44       | 320.29               | 17.96              | 352.1                | 18.95              | 383.62               | 19.86              | 414.87               | 20.68              |
| 46       | 326.76               | 18.32              | 359.37               | 19.34              | 391.69               | 20.27              | 423.72               | 21.12              |
| 48       | 333.04               | 18.67              | 366.44               | 19.73              | 399.54               | 20.68              | 432.35               | 21.55              |
| 50       | 339.15               | 19.02              | 373.32               | 20.1               | 407.2                | 21.08              | 440.78               | 21.97              |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°12, se observa que para el rango de 10.0% a 11.5% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 199.16L/s a 440.78L/s.

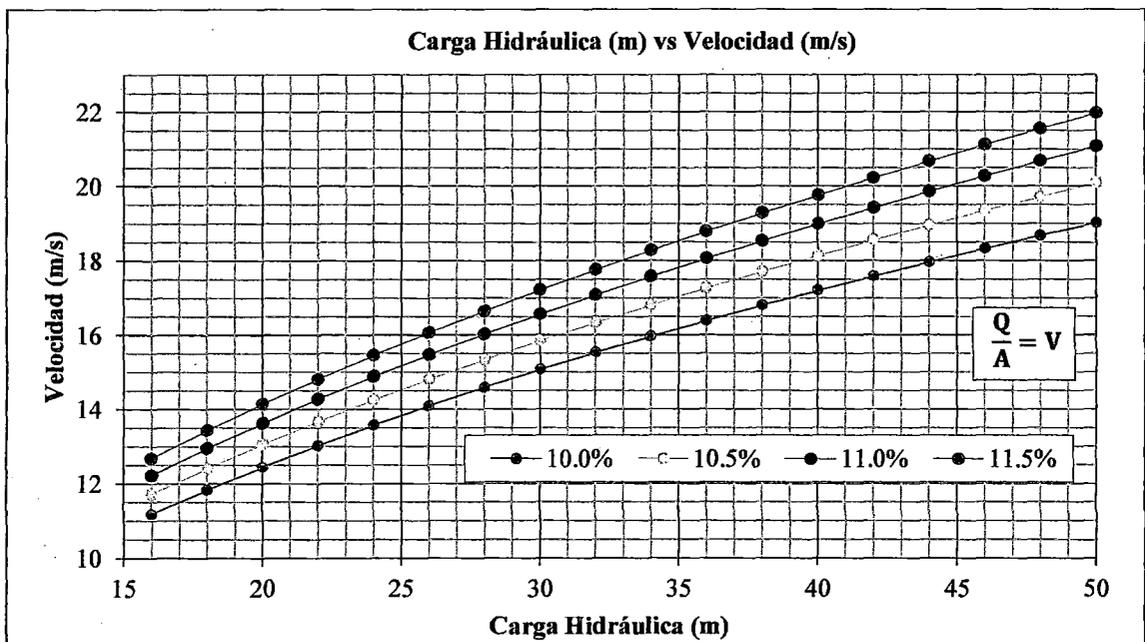
De igual manera se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°59 y N°60.

**Figura N° 59:** Relación Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 10.0% a 11.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 60:** Relación carga hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 10.0% - 11.5%.



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 13:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 12.0% a 13.5%.

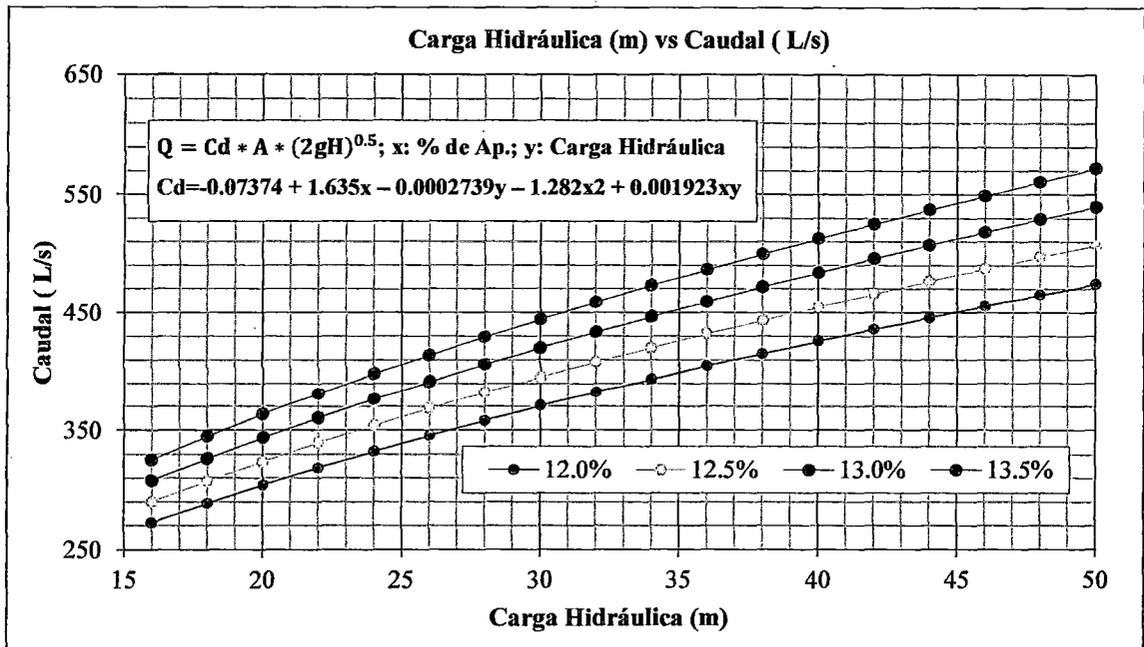
| H   | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           |
|-----|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|     | 12.0%      |           | 12.5%      |           | 13.0%      |           | 13.5%      |           |
|     | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad |
| (m) | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     |
| 16  | 272.03     | 15.25     | 289.83     | 15.60     | 307.45     | 15.91     | 324.91     | 16.19     |
| 18  | 288.29     | 16.17     | 307.22     | 16.54     | 325.97     | 16.87     | 344.54     | 17.17     |
| 20  | 303.63     | 17.03     | 323.64     | 17.42     | 343.46     | 17.78     | 363.09     | 18.10     |
| 22  | 318.18     | 17.84     | 339.23     | 18.26     | 360.08     | 18.64     | 380.73     | 18.98     |
| 24  | 332.05     | 18.62     | 354.10     | 19.06     | 375.93     | 19.46     | 397.56     | 19.82     |
| 26  | 345.32     | 19.36     | 368.33     | 19.83     | 391.12     | 20.24     | 413.70     | 20.62     |
| 28  | 358.06     | 20.08     | 382.00     | 20.56     | 405.72     | 21.00     | 429.22     | 21.39     |
| 30  | 370.31     | 20.76     | 395.17     | 21.27     | 419.79     | 21.73     | 444.18     | 22.14     |
| 32  | 382.14     | 21.43     | 407.88     | 21.96     | 433.38     | 22.24     | 458.64     | 22.86     |
| 34  | 393.57     | 22.07     | 420.17     | 22.62     | 446.53     | 23.21     | 472.65     | 23.56     |
| 36  | 404.64     | 22.69     | 432.09     | 23.26     | 459.29     | 23.77     | 486.24     | 24.24     |
| 38  | 415.37     | 23.29     | 443.66     | 23.88     | 471.68     | 24.41     | 499.45     | 24.89     |
| 40  | 425.81     | 23.88     | 454.90     | 24.49     | 483.74     | 25.04     | 512.30     | 25.53     |
| 42  | 435.95     | 24.44     | 465.85     | 25.08     | 495.48     | 25.65     | 524.83     | 26.16     |
| 44  | 445.84     | 25.00     | 476.52     | 25.65     | 506.93     | 26.24     | 537.06     | 26.77     |
| 46  | 455.47     | 25.54     | 486.93     | 26.21     | 518.11     | 26.82     | 549.00     | 27.36     |
| 48  | 464.87     | 26.07     | 497.10     | 26.76     | 529.03     | 27.38     | 560.68     | 27.95     |
| 50  | 474.06     | 26.58     | 507.04     | 27.29     | 539.72     | 27.94     | 572.10     | 28.51     |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°13, se observa que para el rango de 12.0% a 13.5% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 272.03L/s a 572.10L/s.

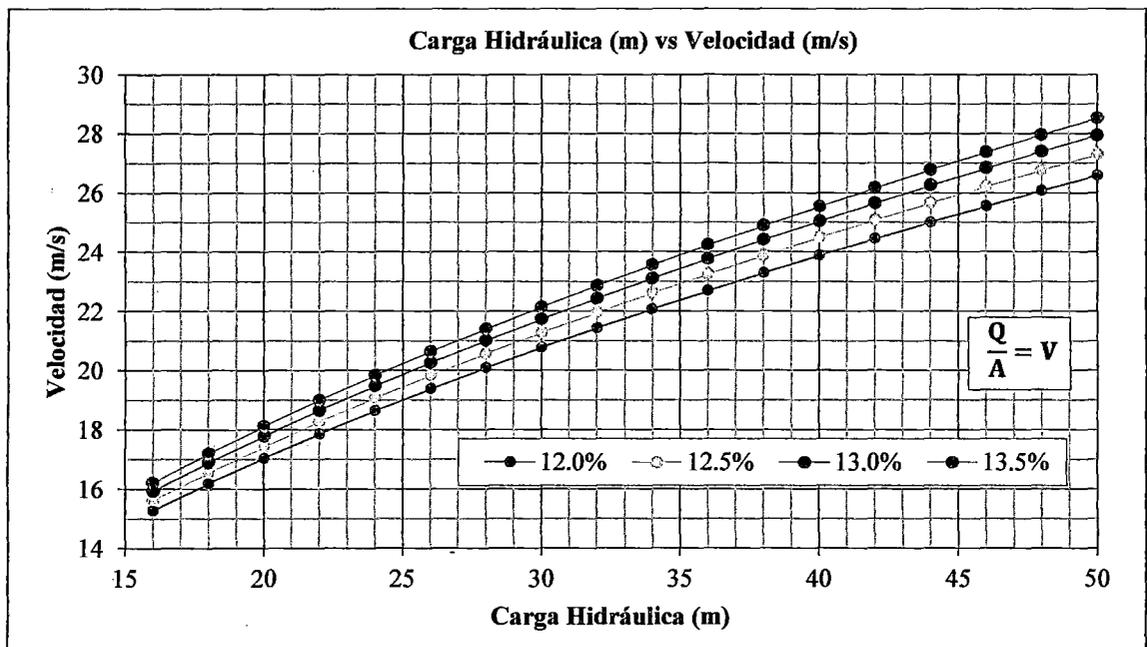
Del mismo modo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. De igual manera se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°61 y N°62.

**Figura N° 61:** Relación carga hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 12.0% a 13.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 62:** Relación Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 12.0% - 13.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 14:** Calculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 14.0% a 15.5%

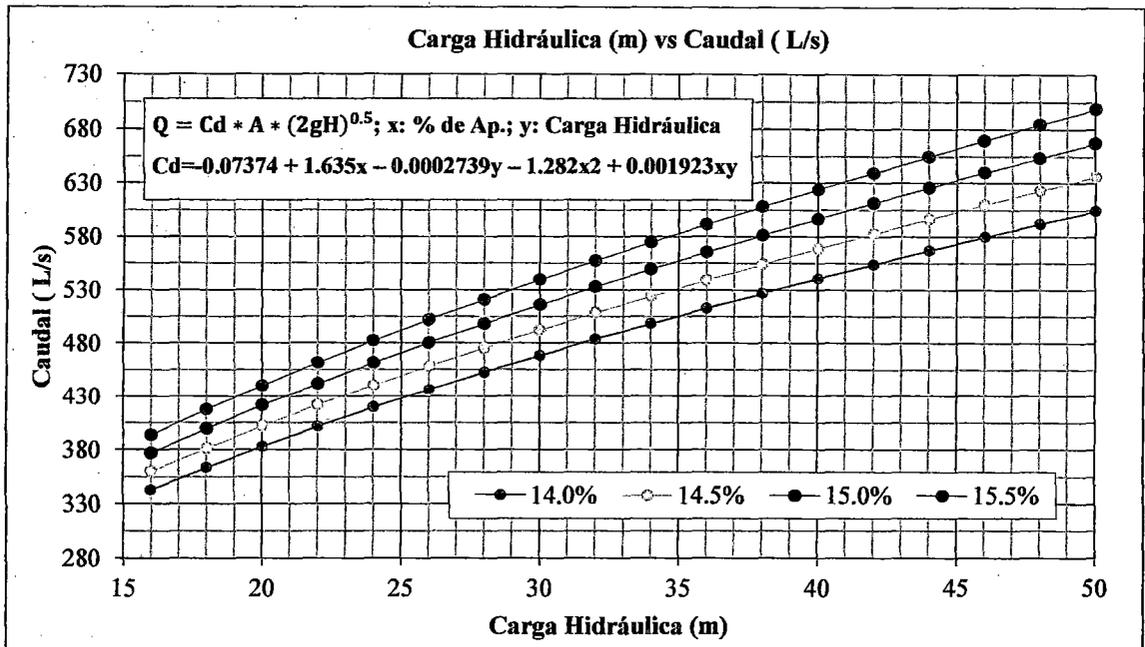
|     |        | % Apertura |        | % Apertura |        | % Apertura |        | % Apertura |  |
|-----|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--|
|     |        | 14.0%      |        | 14.5%      |        | 15.0%      |        | 15.5%      |  |
| H   | Q      | Velocidad  | Q      | Velocidad  | Q      | Velocidad  | Q      | Velocidad  |  |
| (m) | (L/s)  | (m/s)      | (L/s)  | (m/s)      | (L/s)  | (m/s)      | (L/s)  | (m/s)      |  |
| 16  | 342.20 | 16.45      | 359.32 | 16.67      | 376.27 | 16.88      | 393.06 | 17.06      |  |
| 18  | 362.93 | 17.44      | 381.15 | 17.69      | 399.18 | 17.91      | 417.03 | 18.10      |  |
| 20  | 382.54 | 18.39      | 401.79 | 18.65      | 420.86 | 18.88      | 439.74 | 19.09      |  |
| 22  | 401.18 | 19.28      | 421.43 | 19.56      | 441.49 | 19.80      | 461.35 | 20.03      |  |
| 24  | 418.99 | 20.14      | 440.20 | 20.43      | 461.21 | 20.69      | 482.02 | 20.92      |  |
| 26  | 436.06 | 20.96      | 458.21 | 21.26      | 480.14 | 21.54      | 501.86 | 21.79      |  |
| 28  | 452.24 | 21.75      | 475.54 | 22.07      | 498.37 | 22.36      | 520.98 | 22.62      |  |
| 30  | 468.34 | 22.51      | 492.27 | 22.84      | 515.97 | 23.25      | 539.43 | 23.42      |  |
| 32  | 483.67 | 23.25      | 508.45 | 23.59      | 533.00 | 23.91      | 557.31 | 24.19      |  |
| 34  | 498.52 | 23.96      | 524.14 | 24.32      | 549.51 | 24.65      | 574.64 | 24.95      |  |
| 36  | 512.93 | 24.65      | 539.37 | 25.03      | 565.56 | 25.37      | 591.49 | 25.68      |  |
| 38  | 526.95 | 25.33      | 554.19 | 25.72      | 581.18 | 26.07      | 607.90 | 26.39      |  |
| 40  | 540.60 | 25.98      | 568.63 | 26.39      | 596.39 | 26.75      | 623.89 | 27.08      |  |
| 42  | 553.91 | 26.62      | 582.71 | 27.04      | 611.25 | 27.42      | 639.50 | 27.76      |  |
| 44  | 566.90 | 27.25      | 596.47 | 27.68      | 625.76 | 28.07      | 654.77 | 28.42      |  |
| 46  | 579.60 | 27.86      | 609.92 | 28.30      | 639.95 | 28.71      | 669.70 | 29.07      |  |
| 48  | 592.03 | 28.45      | 623.08 | 28.91      | 653.85 | 29.33      | 684.32 | 29.71      |  |
| 50  | 604.19 | 29.04      | 635.98 | 29.51      | 667.47 | 29.94      | 698.66 | 30.33      |  |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°14, se observa que para el rango de 14.0% a 15.5% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varia de 342.20L/s a 698.66L/s.

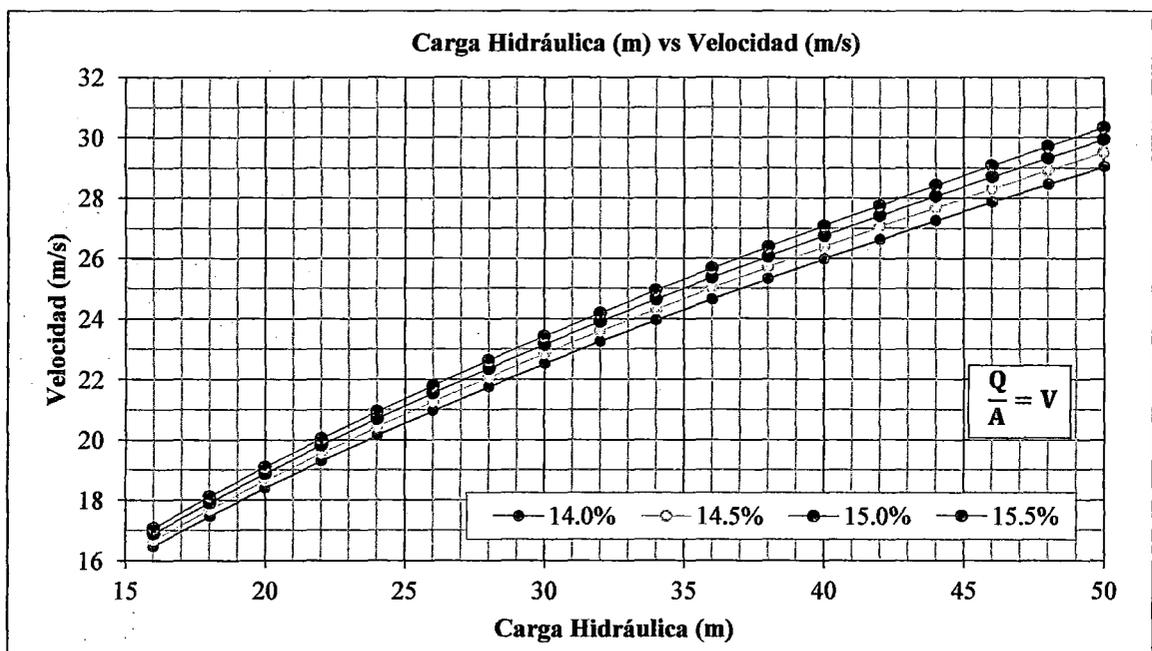
Asimismo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. Igualmente se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°63 y N°64.

**Figura N° 63:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03 para el porcentaje de apertura que varía de 14.0% – 15.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 64:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 14.0% – 15.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 15:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 16.0% a 17.5%

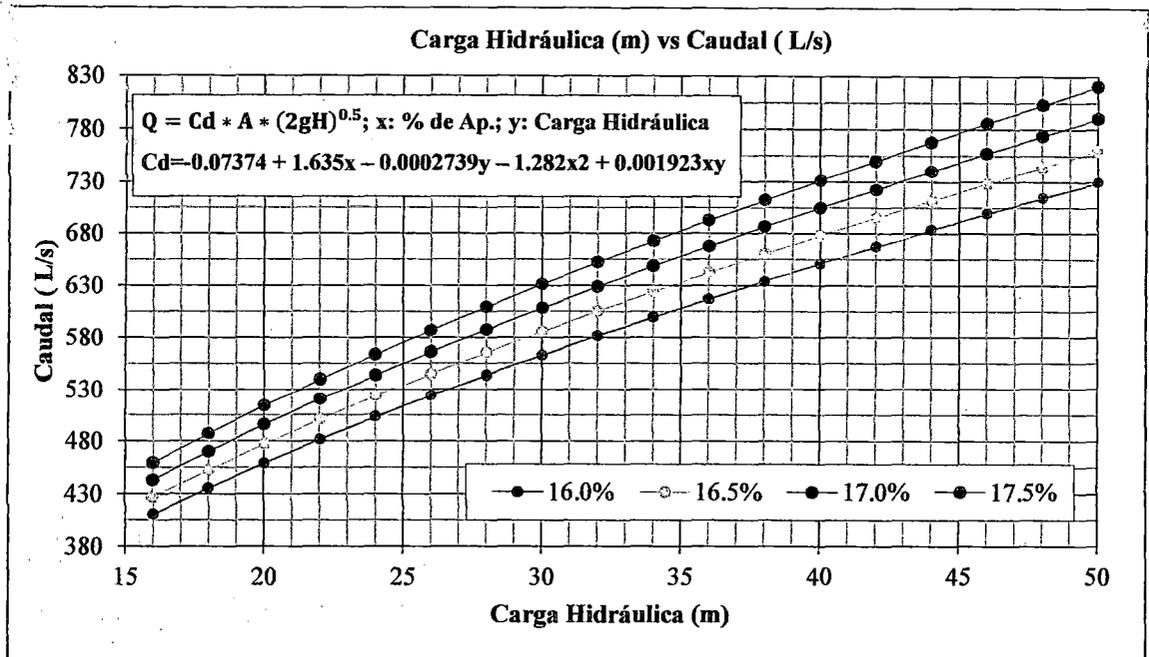
|     |        | % Apertura |        | % Apertura |        | % Apertura |        | % Apertura |  |
|-----|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--|
|     |        | 16.0%      |        | 16.5%      |        | 17.0%      |        | 17.5%      |  |
| H   | Q      | Velocidad  | Q      | Velocidad  | Q      | Velocidad  | Q      | Velocidad  |  |
| (m) | (L/s)  | (m/s)      | (L/s)  | (m/s)      | (L/s)  | (m/s)      | (L/s)  | (m/s)      |  |
| 16  | 409.67 | 17.23      | 426.12 | 17.38      | 442.39 | 17.51      | 458.50 | 17.63      |  |
| 18  | 434.71 | 18.28      | 452.21 | 18.44      | 469.53 | 18.58      | 486.66 | 18.71      |  |
| 20  | 458.42 | 19.28      | 476.92 | 19.45      | 495.24 | 19.60      | 513.36 | 19.74      |  |
| 22  | 481.01 | 20.23      | 500.47 | 20.41      | 519.73 | 20.57      | 538.80 | 20.72      |  |
| 24  | 502.61 | 21.14      | 523.00 | 21.33      | 543.29 | 21.50      | 563.26 | 21.65      |  |
| 26  | 523.36 | 22.01      | 544.65 | 22.21      | 565.72 | 22.39      | 586.58 | 22.55      |  |
| 28  | 543.36 | 22.85      | 565.51 | 23.06      | 587.45 | 23.25      | 609.16 | 23.42      |  |
| 30  | 562.67 | 23.66      | 585.67 | 23.88      | 608.45 | 24.08      | 630.99 | 24.26      |  |
| 32  | 581.37 | 24.45      | 605.21 | 24.68      | 628.80 | 24.89      | 652.15 | 25.08      |  |
| 34  | 599.53 | 25.21      | 624.16 | 25.45      | 648.56 | 25.67      | 672.70 | 25.87      |  |
| 36  | 617.17 | 25.95      | 642.60 | 26.21      | 667.78 | 26.43      | 692.70 | 26.63      |  |
| 38  | 634.36 | 26.68      | 660.56 | 26.94      | 686.51 | 27.17      | 712.19 | 27.38      |  |
| 40  | 651.12 | 27.38      | 678.09 | 27.65      | 704.78 | 27.90      | 731.21 | 28.11      |  |
| 42  | 667.49 | 28.07      | 695.20 | 28.35      | 722.64 | 28.60      | 749.80 | 28.83      |  |
| 44  | 683.49 | 28.74      | 711.94 | 29.03      | 740.11 | 29.29      | 768.00 | 29.53      |  |
| 46  | 699.16 | 29.40      | 728.33 | 29.70      | 757.22 | 29.97      | 785.82 | 30.21      |  |
| 48  | 714.50 | 30.05      | 744.39 | 30.36      | 773.98 | 30.63      | 803.29 | 30.89      |  |
| 50  | 729.55 | 30.68      | 760.14 | 31.00      | 790.44 | 31.29      | 820.44 | 31.55      |  |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°15, se observa que para el rango de 16.0% a 17.5% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 409.67L/s a 820.44L/s.

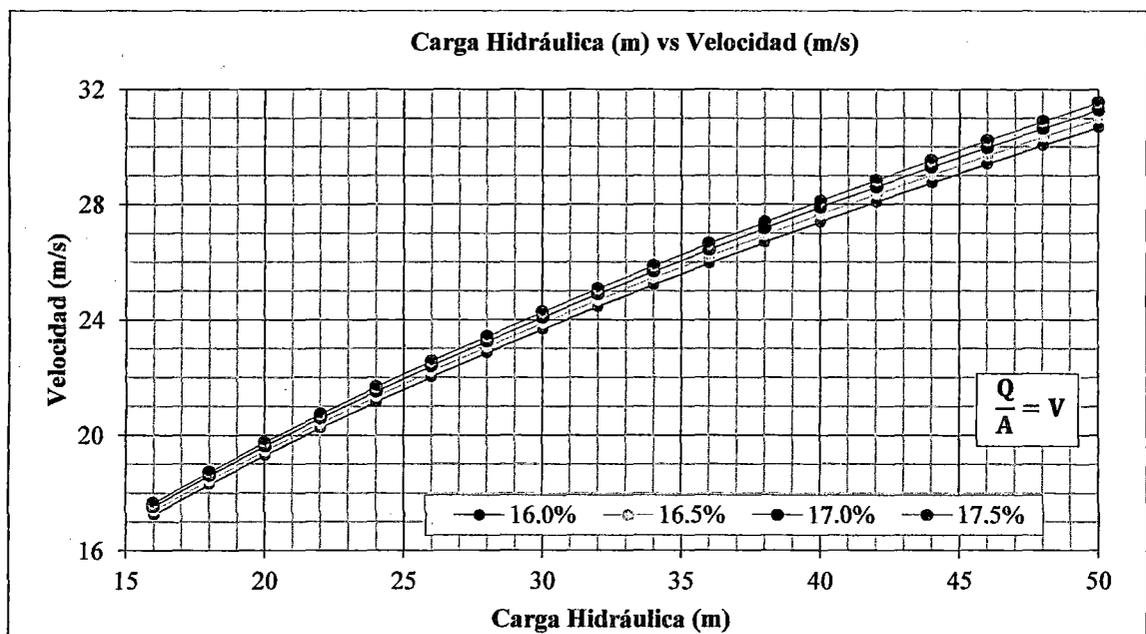
Asimismo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. Igualmente se presenta la relación carga hidráulica (m) vs caudal (l/s) y la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°65 y N°66.

**Figura N° 65:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s) de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 16.0% – 17.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 66:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s) para la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 16.0% a 17.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 16:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 18.0% a 19.5%

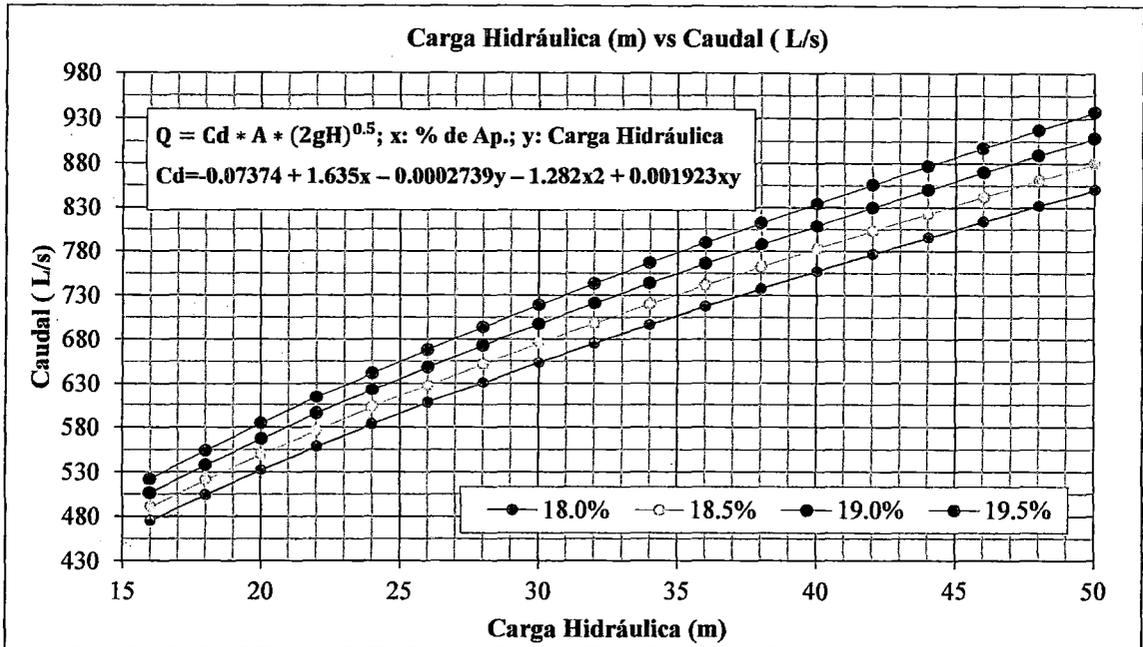
| % Apertura |        |           | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           |
|------------|--------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| 18.0%      |        |           | 18.5%      |           | 19.0%      |           | 19.5%      |           |
| H          | Q      | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad |
| (m)        | (L/s)  | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     |
| 16         | 474.44 | 17.74     | 490.21     | 17.83     | 505.81     | 17.91     | 521.25     | 17.99     |
| 18         | 503.62 | 18.83     | 520.40     | 18.93     | 537.01     | 19.02     | 553.43     | 19.10     |
| 20         | 531.29 | 19.86     | 549.04     | 19.97     | 566.59     | 20.07     | 583.96     | 20.15     |
| 22         | 557.67 | 20.85     | 576.34     | 20.96     | 594.81     | 21.06     | 613.09     | 21.16     |
| 24         | 582.93 | 21.79     | 602.50     | 21.91     | 621.85     | 22.02     | 641.00     | 22.12     |
| 26         | 607.22 | 22.70     | 627.65     | 22.83     | 647.86     | 22.94     | 667.85     | 23.05     |
| 28         | 630.65 | 23.57     | 651.91     | 23.71     | 672.95     | 23.83     | 693.77     | 23.94     |
| 30         | 653.30 | 24.42     | 675.38     | 24.56     | 697.23     | 24.69     | 718.85     | 24.80     |
| 32         | 675.26 | 25.24     | 698.14     | 25.39     | 720.78     | 25.53     | 743.28     | 25.64     |
| 34         | 696.60 | 26.04     | 720.26     | 26.20     | 743.66     | 26.34     | 766.82     | 26.46     |
| 36         | 717.37 | 26.82     | 741.78     | 26.98     | 765.95     | 27.13     | 789.85     | 27.25     |
| 38         | 737.61 | 27.57     | 762.77     | 27.74     | 787.68     | 27.89     | 812.32     | 28.03     |
| 40         | 757.38 | 28.31     | 783.27     | 28.49     | 808.90     | 28.65     | 834.26     | 28.79     |
| 42         | 776.70 | 29.03     | 803.31     | 29.22     | 829.66     | 29.38     | 855.73     | 29.53     |
| 44         | 795.60 | 29.74     | 822.93     | 29.93     | 849.98     | 30.10     | 876.75     | 30.25     |
| 46         | 814.13 | 30.43     | 842.16     | 30.63     | 869.90     | 30.81     | 897.36     | 30.96     |
| 48         | 832.30 | 31.11     | 861.02     | 31.32     | 889.44     | 31.50     | 917.58     | 31.66     |
| 50         | 850.13 | 31.78     | 879.53     | 31.99     | 908.64     | 32.18     | 937.44     | 32.35     |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°16, se observa que para el rango de 18.0% a 19.5% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varia de 474.44L/s a 937.44L/s.

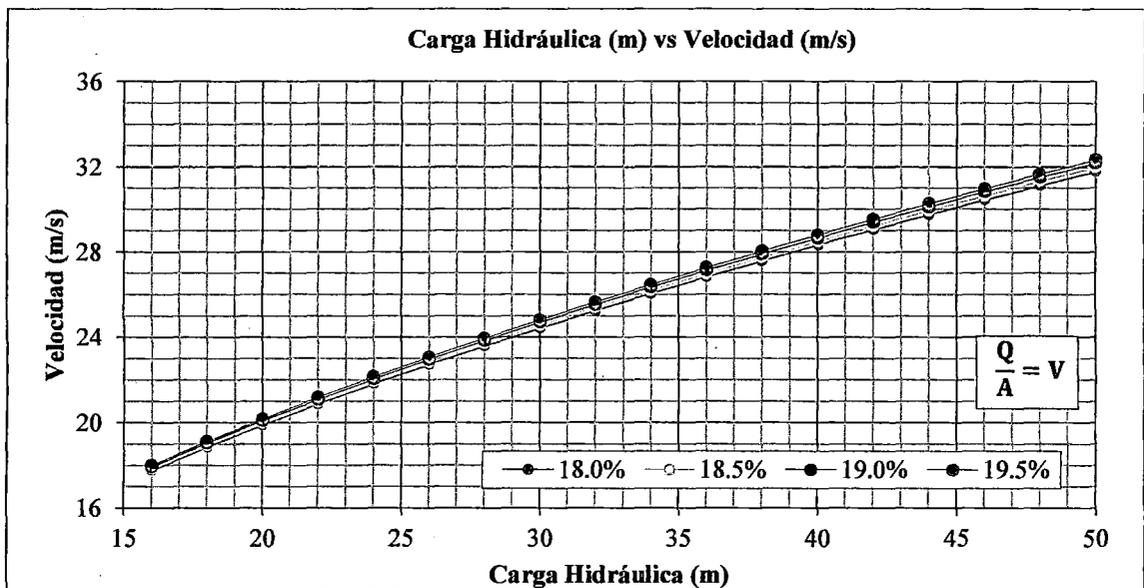
De igual forma se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°67 y N°68.

**Figura N° 67:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 18.0% – 19.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 68:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 18.0% a 19.5%



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 17:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% a 23.0%

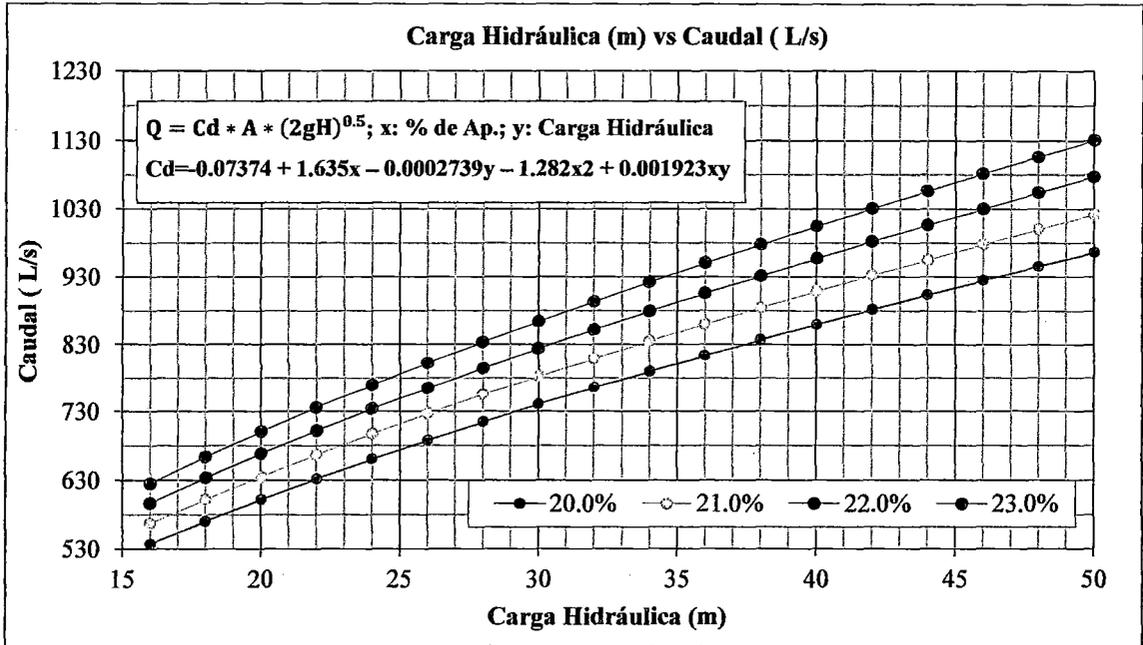
| H   | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           |
|-----|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|     | 20.0%      |           | 21.0%      |           | 22.0%      |           | 23.0%      |           |
|     | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad |
| (m) | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     |
| 16  | 536.51     | 18.05     | 566.53     | 18.15     | 595.88     | 18.22     | 624.55     | 18.27     |
| 18  | 569.67     | 19.17     | 601.62     | 19.28     | 632.86     | 19.36     | 663.38     | 19.41     |
| 20  | 601.14     | 20.22     | 634.93     | 20.34     | 667.97     | 20.43     | 700.25     | 20.49     |
| 22  | 631.16     | 21.23     | 666.73     | 21.36     | 701.49     | 21.46     | 735.47     | 21.52     |
| 24  | 659.94     | 22.20     | 697.21     | 22.34     | 733.65     | 22.24     | 769.26     | 22.50     |
| 26  | 687.63     | 23.23     | 726.55     | 23.28     | 764.61     | 23.39     | 801.80     | 23.46     |
| 28  | 714.36     | 24.03     | 754.88     | 24.19     | 794.51     | 24.30     | 833.24     | 24.38     |
| 30  | 740.23     | 24.90     | 782.31     | 25.07     | 823.47     | 25.19     | 863.70     | 25.27     |
| 32  | 765.34     | 25.75     | 808.94     | 25.92     | 851.59     | 26.05     | 893.28     | 26.13     |
| 34  | 789.74     | 26.57     | 834.83     | 26.75     | 878.94     | 26.88     | 922.07     | 26.98     |
| 36  | 813.51     | 27.37     | 860.06     | 27.56     | 905.60     | 27.70     | 950.13     | 27.80     |
| 38  | 836.70     | 28.15     | 884.68     | 28.35     | 931.63     | 28.49     | 977.53     | 28.60     |
| 40  | 859.36     | 28.91     | 908.75     | 29.12     | 957.07     | 29.27     | 1004.33    | 29.38     |
| 42  | 881.53     | 29.66     | 932.30     | 29.87     | 981.98     | 30.03     | 1030.57    | 30.15     |
| 44  | 903.24     | 30.39     | 955.37     | 30.61     | 1006.39    | 30.78     | 1056.29    | 30.90     |
| 46  | 924.52     | 31.10     | 978.01     | 31.34     | 1030.34    | 31.51     | 1081.53    | 31.64     |
| 48  | 945.42     | 31.81     | 1000.23    | 32.05     | 1053.86    | 32.23     | 1106.33    | 32.37     |
| 50  | 965.94     | 32.50     | 1022.06    | 32.75     | 1076.98    | 32.94     | 1130.71    | 33.08     |

Fuente: Elaboración propia.

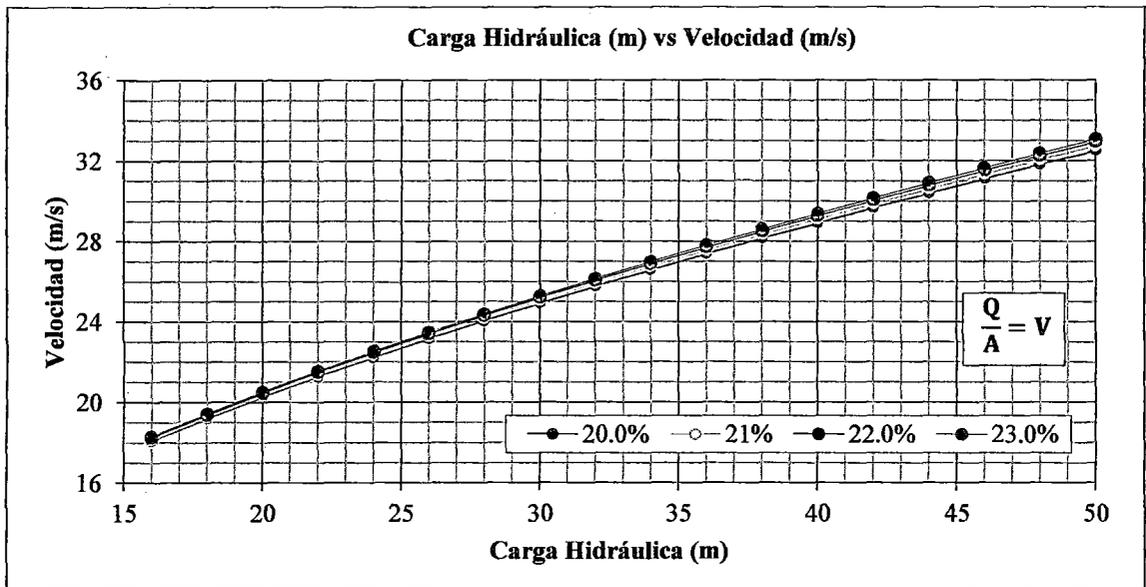
En la tabla N°17, se observa que para el rango de 20.0% a 23.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 536.51L/s a 1130.71L/s.

De igual forma se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°69 y N°70.

**Figura N° 69:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% – 23.0%



**Figura N° 70:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 20.0% a 23.0%



**Tabla N° 18:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 24.0% a 27.0%

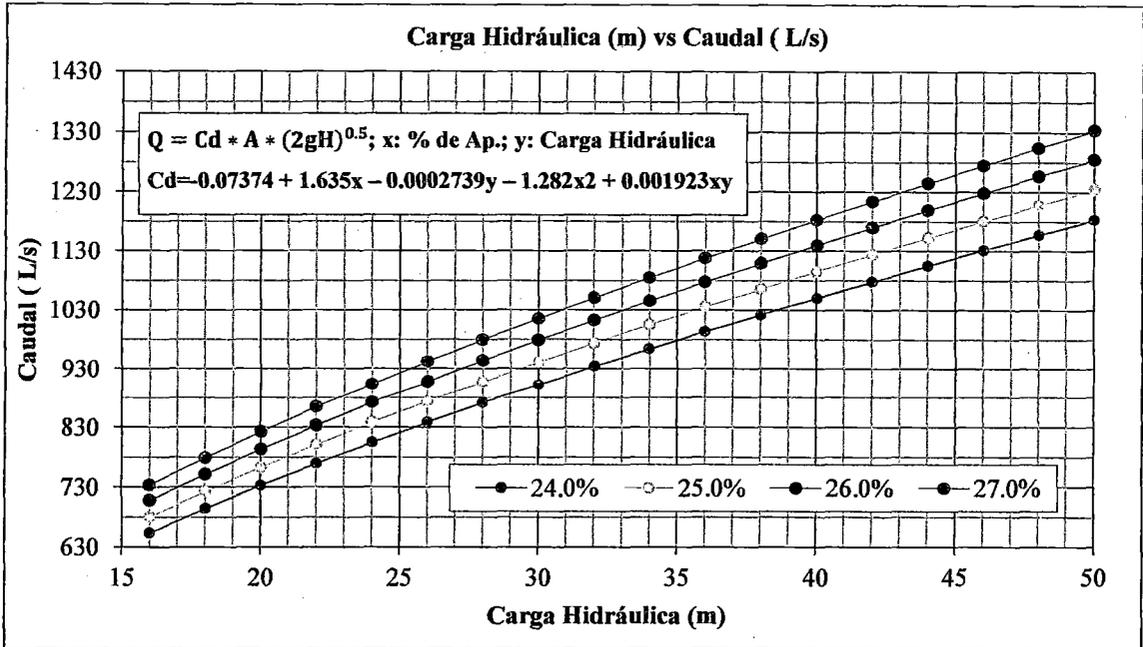
| H   | % Apertura |                 | % Apertura |                 | % Apertura |                 | % Apertura |                 |
|-----|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
|     | 24.0%      |                 | 25.0%      |                 | 26.0%      |                 | 27.0%      |                 |
| (m) | Q (L/s)    | Velocidad (m/s) |
| 16  | 652.55     | 18.29           | 679.87     | 18.30           | 706.51     | 18.28           | 732.24     | 18.25           |
| 18  | 693.28     | 19.43           | 722.27     | 19.44           | 750.64     | 19.43           | 778.29     | 19.40           |
| 20  | 731.78     | 20.52           | 762.55     | 20.52           | 792.57     | 20.51           | 821.83     | 20.48           |
| 22  | 768.66     | 21.55           | 801.05     | 21.56           | 832.65     | 21.55           | 863.46     | 21.52           |
| 24  | 804.04     | 22.54           | 838.00     | 22.55           | 871.13     | 22.54           | 903.44     | 22.51           |
| 26  | 838.14     | 23.50           | 873.61     | 23.51           | 908.22     | 23.50           | 941.97     | 23.48           |
| 28  | 871.08     | 24.42           | 908.03     | 24.44           | 944.08     | 24.43           | 979.24     | 24.40           |
| 30  | 903.01     | 25.32           | 941.39     | 25.34           | 978.85     | 25.33           | 1015.38    | 25.30           |
| 32  | 934.02     | 26.19           | 973.80     | 26.21           | 1012.63    | 26.21           | 1050.51    | 26.18           |
| 34  | 964.21     | 27.03           | 1005.36    | 27.06           | 1045.53    | 27.06           | 1084.72    | 27.03           |
| 36  | 993.64     | 27.86           | 1036.14    | 27.89           | 1077.63    | 27.89           | 1118.11    | 27.86           |
| 38  | 1022.39    | 28.66           | 1066.21    | 28.70           | 1109.00    | 28.70           | 1150.74    | 28.68           |
| 40  | 1050.52    | 29.45           | 1095.64    | 29.49           | 1139.69    | 29.49           | 1182.67    | 29.47           |
| 42  | 1078.06    | 30.22           | 1124.46    | 30.26           | 1169.76    | 30.27           | 1213.97    | 30.25           |
| 44  | 1105.07    | 30.98           | 1152.73    | 31.03           | 1199.26    | 31.04           | 1244.68    | 31.02           |
| 46  | 1131.58    | 31.73           | 1180.48    | 31.77           | 1228.24    | 31.79           | 1274.85    | 31.77           |
| 48  | 1157.63    | 32.24           | 1207.76    | 32.51           | 1256.71    | 32.52           | 1304.50    | 32.51           |
| 50  | 1183.25    | 33.27           | 1234.59    | 33.23           | 1284.73    | 33.25           | 1333.69    | 33.24           |

Fuente: Elaboración propia.

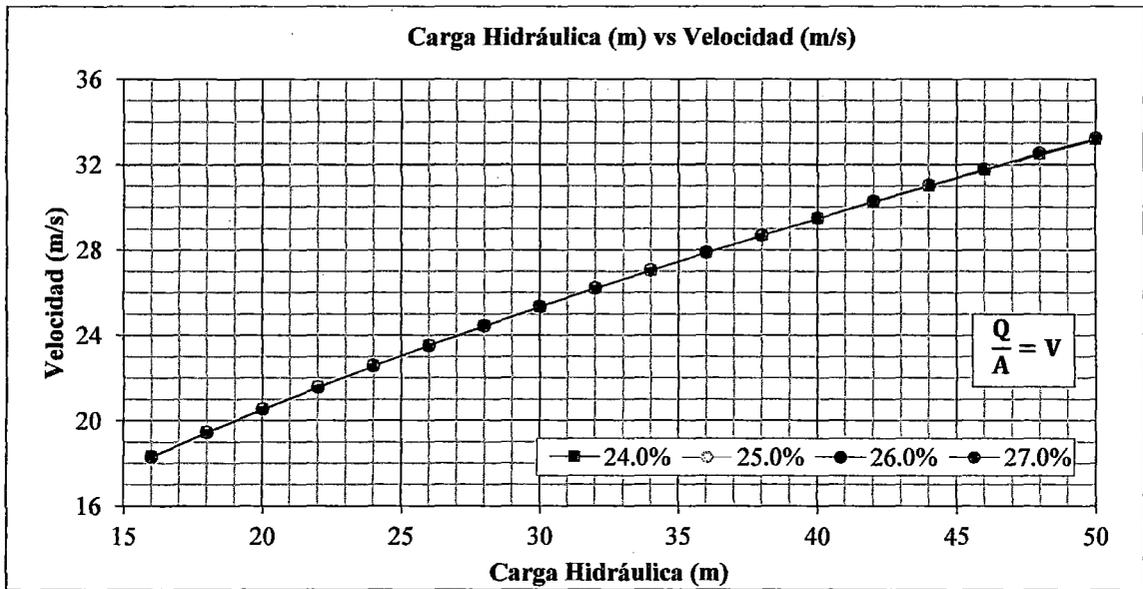
En la tabla N°18, se observa que para el rango de 24.0% a 27.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 652.55L/s a 1333.69L/s.

Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. De igual forma se muestra la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°71 y N°72.

**Figura N° 71:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 24.0% - 27.0%



**Figura N° 72:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03 para el porcentaje de apertura de 24.0% a 27.0%



**Tabla N° 19:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 28.0% a 31.0%

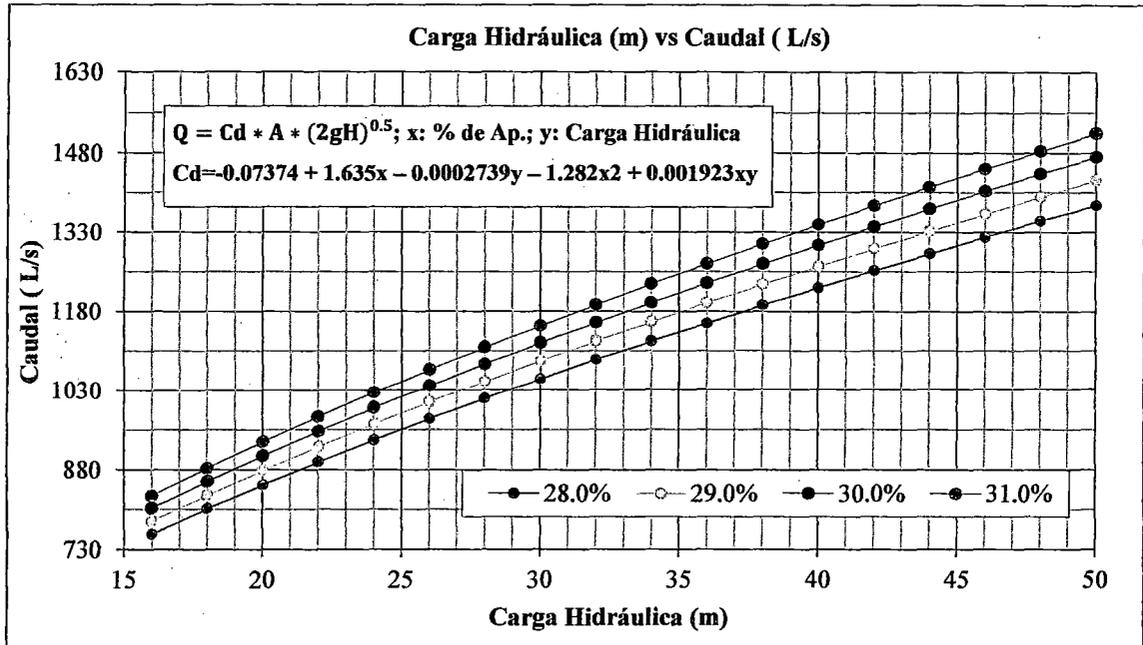
| H<br>(m) | % Apertura<br>28.0% |                    | % Apertura<br>29.0% |                    | % Apertura<br>30.0% |                    | % Apertura<br>31.0% |                    |
|----------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|          | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)          | Velocidad<br>(m/s) |
| 16       | 757.78              | 18.21              | 782.40              | 18.15              | 806.35              | 18.09              | 829.62              | 18.01              |
| 18       | 805.23              | 19.35              | 831.45              | 19.29              | 856.95              | 19.22              | 881.74              | 19.14              |
| 20       | 850.34              | 20.43              | 878.09              | 20.37              | 905.09              | 20.30              | 931.34              | 20.22              |
| 22       | 893.48              | 21.47              | 922.71              | 21.41              | 951.14              | 21.33              | 978.78              | 21.25              |
| 24       | 934.91              | 22.24              | 965.57              | 22.24              | 995.39              | 22.33              | 1024.39             | 22.23              |
| 26       | 974.87              | 23.43              | 1006.90             | 23.36              | 1038.07             | 23.28              | 1068.38             | 23.24              |
| 28       | 1013.51             | 24.36              | 1046.88             | 24.29              | 1079.36             | 24.21              | 1110.95             | 24.11              |
| 30       | 1050.99             | 25.26              | 1085.67             | 25.19              | 1119.43             | 25.11              | 1152.27             | 25.01              |
| 32       | 1087.43             | 26.13              | 1123.39             | 26.07              | 1158.40             | 25.98              | 1192.24             | 25.88              |
| 34       | 1122.93             | 26.99              | 1160.14             | 26.92              | 1196.38             | 26.83              | 1231.63             | 26.73              |
| 36       | 1157.57             | 27.82              | 1196.02             | 27.75              | 1233.46             | 27.67              | 1269.88             | 27.56              |
| 38       | 1191.44             | 28.63              | 1231.10             | 28.56              | 1269.72             | 28.48              | 1307.30             | 28.38              |
| 40       | 1224.59             | 29.43              | 1265.44             | 29.36              | 1305.23             | 29.27              | 1343.94             | 29.17              |
| 42       | 1257.09             | 30.21              | 1299.11             | 30.14              | 1340.04             | 30.06              | 1379.88             | 29.95              |
| 44       | 1288.98             | 30.98              | 1332.16             | 30.91              | 1374.22             | 30.82              | 1415.16             | 30.72              |
| 46       | 1320.32             | 31.73              | 1364.64             | 31.66              | 1407.81             | 31.58              | 1449.85             | 31.47              |
| 48       | 1351.13             | 32.24              | 1396.58             | 32.24              | 1440.86             | 32.32              | 1483.97             | 32.21              |
| 50       | 1381.45             | 33.20              | 1428.02             | 33.23              | 1473.39             | 33.05              | 1517.57             | 32.94              |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°19, se observa que para el rango de 28.0% a 31.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 757.78L/s a 1517.57L/s.

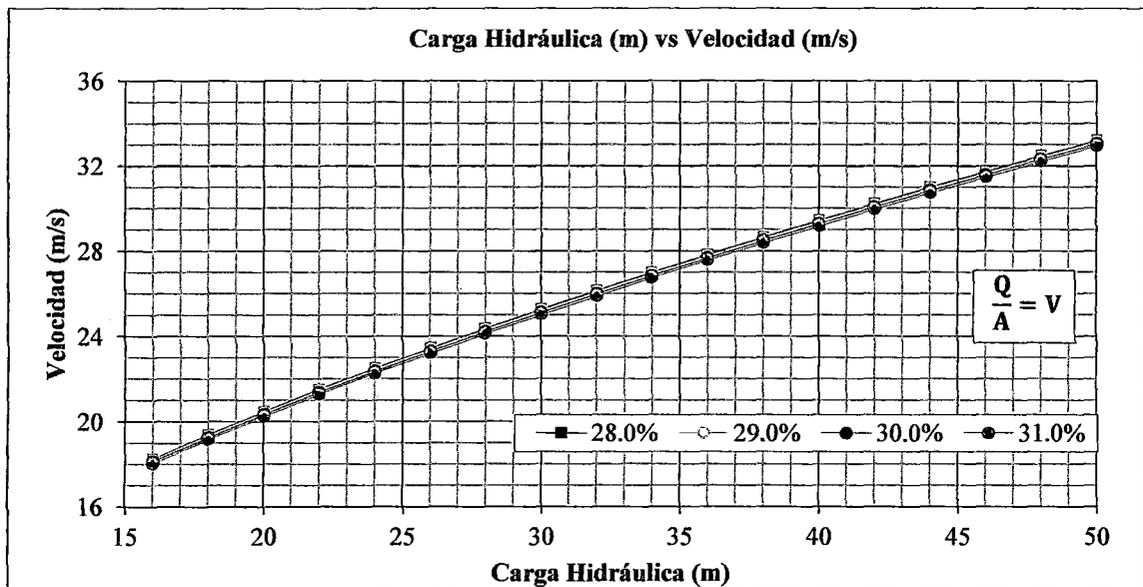
Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. De igual forma se muestra la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°73 y N°74.

Figura N° 73: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 28.0% - 31.0%



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 74: Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 28.0% a 31.0%.



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 20:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 32.0% a 35.0%

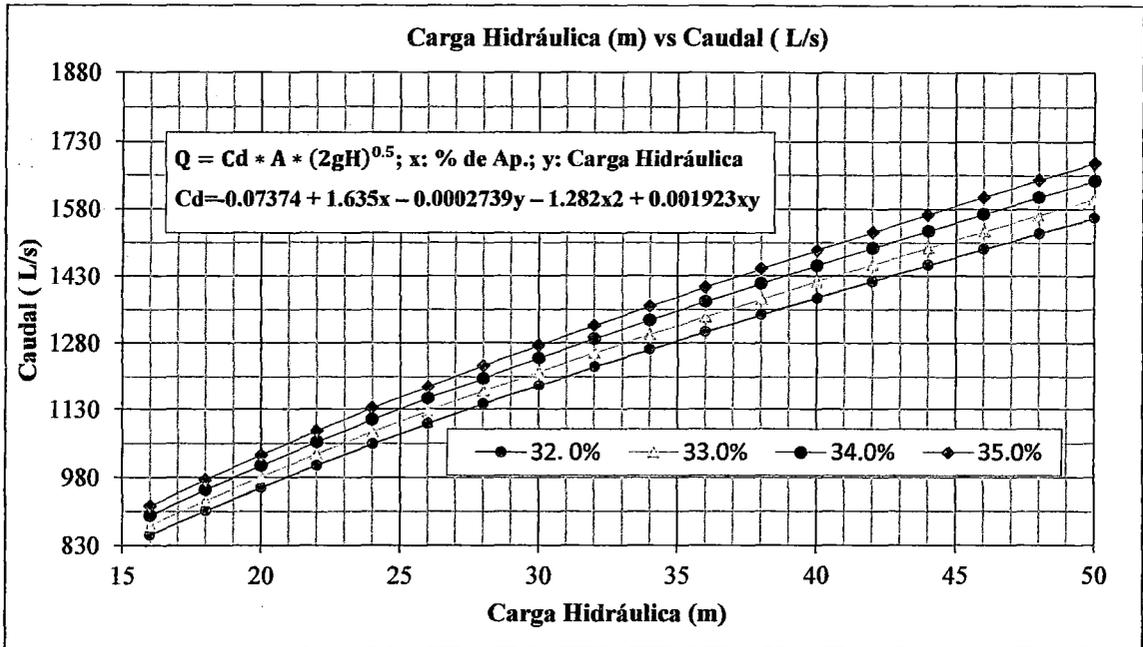
| H<br>(m) | % Apertura<br>32.00% |                    | % Apertura<br>33.00% |                    | % Apertura<br>34.00% |                    | % Apertura<br>35.00% |                    |
|----------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|          | Q<br>(L/s)           | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)           | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)           | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s)           | Velocidad<br>(m/s) |
|          | 16                   | 852.21             | 28.67                | 874.13             | 28.01                | 895.38             | 27.39                | 915.95             |
| 18       | 905.82               | 30.47              | 929.17               | 29.77              | 951.82               | 29.11              | 973.74               | 28.49              |
| 20       | 956.83               | 32.19              | 981.56               | 31.45              | 1005.54              | 30.75              | 1028.76              | 30.10              |
| 22       | 1005.64              | 33.83              | 1031.7               | 33.06              | 1056.96              | 32.33              | 1081.44              | 31.64              |
| 24       | 1052.55              | 35.41              | 1079.9               | 34.60              | 1106.41              | 33.84              | 1132.10              | 33.22              |
| 26       | 1097.83              | 36.93              | 1126.41              | 36.09              | 1154.14              | 35.30              | 1181.01              | 34.55              |
| 28       | 1141.65              | 38.41              | 1171.45              | 37.53              | 1200.36              | 36.71              | 1228.37              | 35.94              |
| 30       | 1184.18              | 39.84              | 1215.17              | 38.94              | 1245.23              | 38.09              | 1274.36              | 37.28              |
| 32       | 1225.56              | 41.23              | 1257.7               | 40.30              | 1288.89              | 39.42              | 1319.13              | 38.59              |
| 34       | 1265.90              | 42.59              | 1299.18              | 41.63              | 1331.48              | 40.72              | 1362.79              | 39.87              |
| 36       | 1305.30              | 43.91              | 1339.69              | 42.93              | 1373.08              | 42.34              | 1405.46              | 41.12              |
| 38       | 1343.83              | 45.21              | 1379.33              | 44.24              | 1413.79              | 43.24              | 1447.21              | 42.34              |
| 40       | 1381.59              | 46.48              | 1418.17              | 45.44              | 1453.68              | 44.46              | 1488.13              | 43.54              |
| 42       | 1418.62              | 47.73              | 1456.27              | 46.66              | 1492.82              | 45.66              | 1528.28              | 44.71              |
| 44       | 1454.99              | 48.95              | 1493.69              | 47.86              | 1531.27              | 46.83              | 1567.73              | 45.86              |
| 46       | 1490.74              | 50.15              | 1530.48              | 49.04              | 1569.08              | 47.99              | 1606.53              | 47.45              |
| 48       | 1525.91              | 51.34              | 1566.69              | 50.20              | 1606.29              | 49.13              | 1644.73              | 48.12              |
| 50       | 1560.56              | 52.50              | 1602.35              | 51.34              | 1642.95              | 50.25              | 1682.36              | 49.22              |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°20, se observa que para el rango de 32.0% a 35.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varia de 852.21L/s a 1682.36L/s.

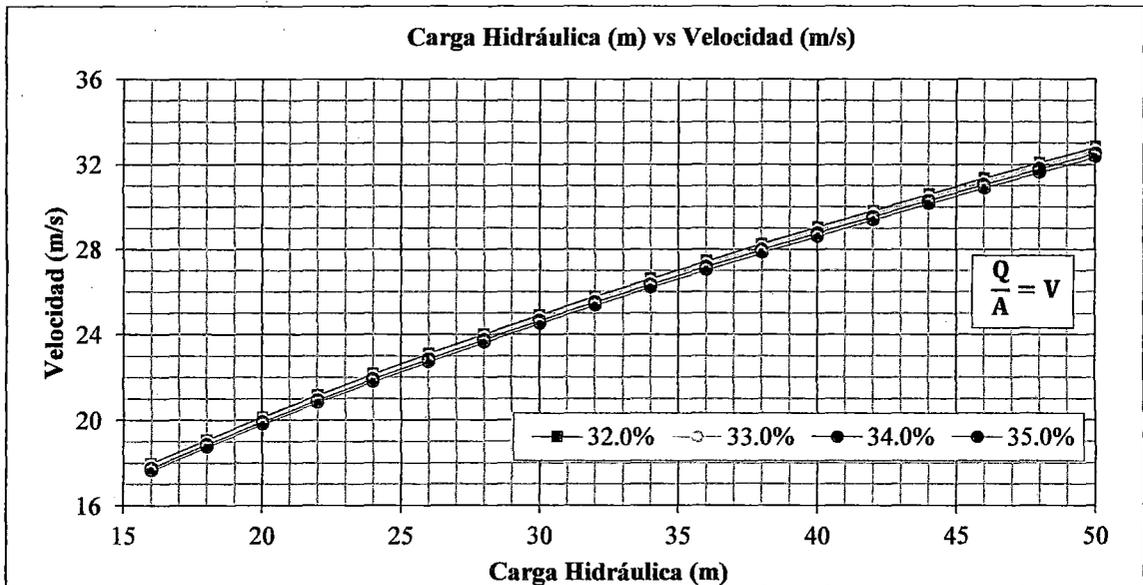
De igual forma se presenta la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. Del mismo modo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°75 y N°76.

**Figura N° 75:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 32.0% - 35.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 76:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 32.0% a 35.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 21:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 36.0% a 39.0%

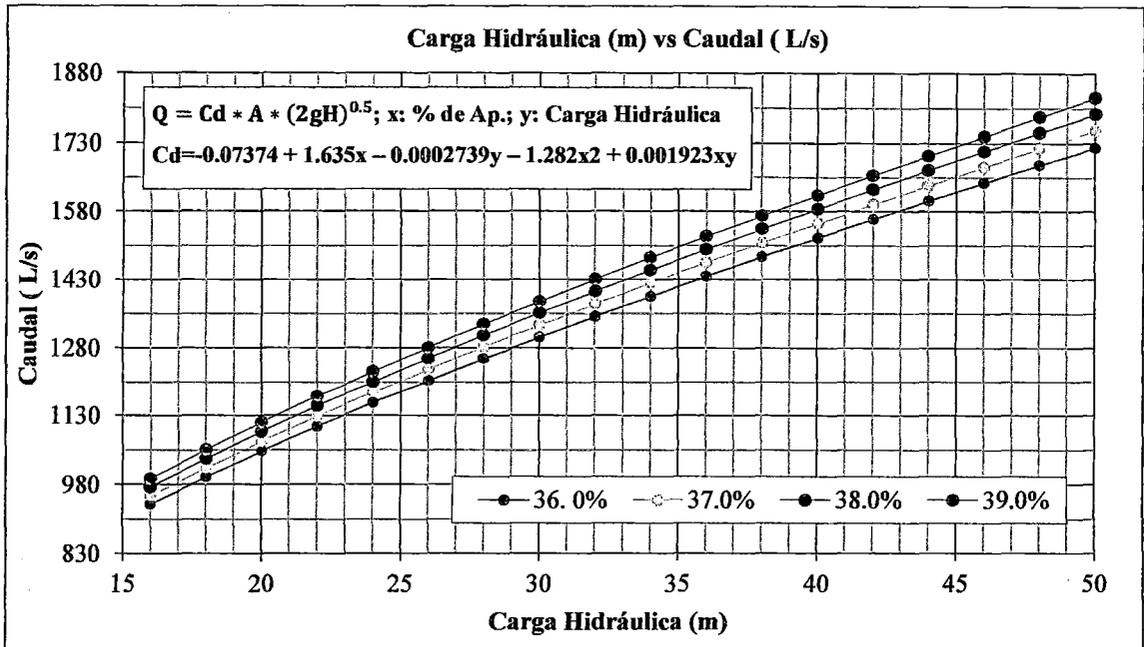
| H   | % Apertura |                 | % Apertura |                 | % Apertura |                 | % Apertura |                 |
|-----|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
|     | 36.0%      |                 | 37.0%      |                 | 38.0%      |                 | 39.0%      |                 |
| (m) | Q (L/s)    | Velocidad (m/s) |
| 16  | 935.84     | 26.24           | 955.06     | 25.71           | 973.61     | 25.20           | 991.48     | 24.71           |
| 18  | 994.95     | 27.89           | 1015.44    | 27.33           | 1035.22    | 26.79           | 1054.28    | 26.27           |
| 20  | 1051.23    | 29.47           | 1072.95    | 28.88           | 1093.91    | 28.31           | 1114.11    | 27.76           |
| 22  | 1105.13    | 30.98           | 1128.02    | 30.36           | 1150.12    | 29.76           | 1171.43    | 29.19           |
| 24  | 1156.96    | 32.24           | 1181.00    | 31.79           | 1204.21    | 31.16           | 1226.59    | 30.57           |
| 26  | 1207.02    | 33.84           | 1232.16    | 33.24           | 1256.45    | 32.52           | 1279.87    | 31.90           |
| 28  | 1255.49    | 35.20           | 1281.72    | 34.50           | 1307.06    | 33.83           | 1331.50    | 33.24           |
| 30  | 1302.58    | 36.52           | 1329.87    | 35.79           | 1356.23    | 35.10           | 1381.67    | 34.43           |
| 32  | 1348.41    | 37.80           | 1376.74    | 37.05           | 1404.11    | 36.34           | 1430.53    | 35.65           |
| 34  | 1393.22    | 39.06           | 1422.24    | 38.29           | 1450.83    | 37.55           | 1478.21    | 36.84           |
| 36  | 1436.82    | 40.28           | 1467.17    | 39.49           | 1496.50    | 38.73           | 1524.82    | 38.00           |
| 38  | 1479.58    | 41.48           | 1510.92    | 40.67           | 1541.22    | 39.89           | 1570.47    | 39.14           |
| 40  | 1521.51    | 42.66           | 1553.82    | 41.82           | 1585.06    | 41.02           | 1615.23    | 40.25           |
| 42  | 1562.65    | 43.81           | 1595.92    | 42.95           | 1628.10    | 42.13           | 1659.18    | 41.35           |
| 44  | 1603.08    | 44.94           | 1637.30    | 44.07           | 1670.40    | 43.23           | 1702.39    | 42.24           |
| 46  | 1642.84    | 46.06           | 1678.00    | 45.16           | 1712.02    | 44.31           | 1744.90    | 43.48           |
| 48  | 1681.99    | 47.16           | 1718.09    | 46.24           | 1753.01    | 45.37           | 1786.77    | 44.53           |
| 50  | 1720.57    | 48.24           | 1757.59    | 47.31           | 1793.41    | 46.41           | 1828.05    | 45.56           |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°21, se observa que para el rango de 36.0% a 39.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 935.84L/s a 1828.05L/s.

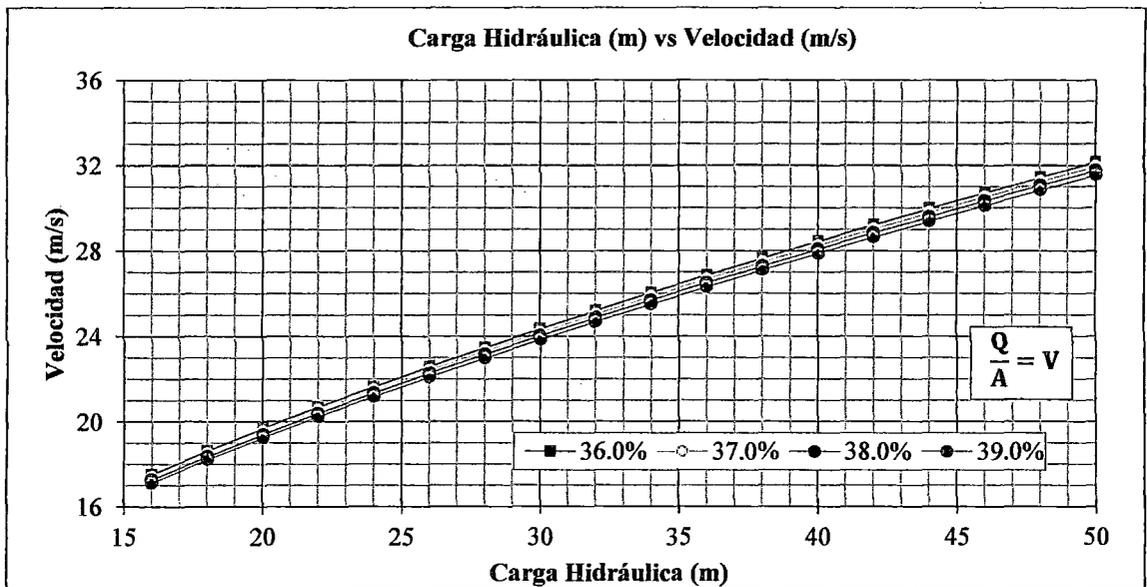
Del mismo modo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. De igual forma se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°77 y N°78.

**Figura N° 77:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 36.0% - 39.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 78:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 36.0% a 39.0%



Fuente: Elaboración propia.

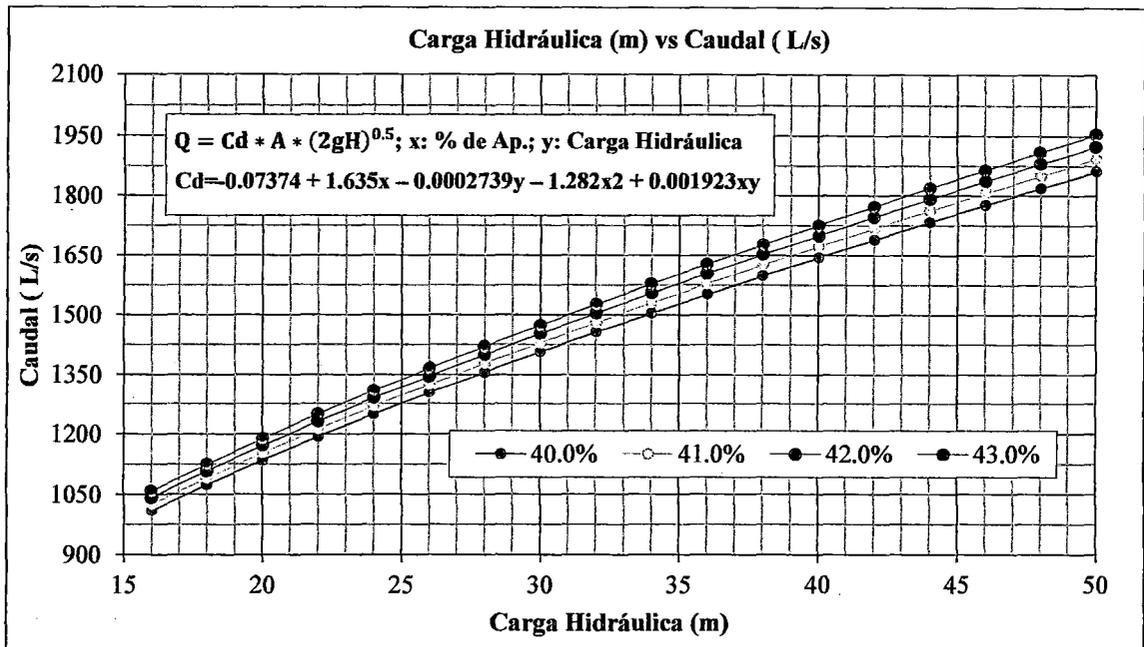
**Tabla N° 22:** Cálculo del caudal de descarga de la Compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% a 43.0%

| H<br>(m) | % Apertura |                    | % Apertura |                    | % Apertura |                    | % Apertura |                    |
|----------|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|
|          | 40.00%     |                    | 41.00%     |                    | 42.00%     |                    | 43.00%     |                    |
|          | Q<br>(L/s) | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s) | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s) | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s) | Velocidad<br>(m/s) |
| 16       | 1008.67    | 24.24              | 1025.19    | 23.79              | 1041.04    | 23.35              | 1056.2     | 22.93              |
| 18       | 1072.63    | 25.78              | 1090.25    | 25.3               | 1107.17    | 24.83              | 1123.36    | 24.38              |
| 20       | 1133.56    | 27.24              | 1152.26    | 26.74              | 1170.20    | 26.25              | 1187.38    | 25.77              |
| 22       | 1191.95    | 28.64              | 1211.68    | 28.11              | 1230.61    | 27.60              | 1248.75    | 27.10              |
| 24       | 1248.14    | 29.99              | 1268.87    | 29.44              | 1288.77    | 28.91              | 1307.85    | 28.39              |
| 26       | 1302.14    | 31.34              | 1324.14    | 30.72              | 1344.98    | 30.17              | 1364.96    | 29.63              |
| 28       | 1355.05    | 32.56              | 1377.71    | 31.97              | 1399.47    | 31.39              | 1420.34    | 30.83              |
| 30       | 1406.18    | 33.79              | 1429.77    | 33.24              | 1452.14    | 32.58              | 1474.18    | 32.24              |
| 32       | 1455.99    | 34.99              | 1480.5     | 34.35              | 1504.05    | 33.73              | 1526.65    | 33.24              |
| 34       | 1504.6     | 36.16              | 1530.01    | 35.54              | 1554.44    | 34.86              | 1577.88    | 34.25              |
| 36       | 1552.13    | 37.34              | 1578.43    | 36.62              | 1603.72    | 35.97              | 1627.99    | 35.34              |
| 38       | 1598.69    | 38.42              | 1625.86    | 37.72              | 1652.24    | 37.05              | 1677.09    | 36.44              |
| 40       | 1644.34    | 39.52              | 1672.38    | 38.84              | 1699.36    | 38.11              | 1725.26    | 37.45              |
| 42       | 1689.18    | 40.59              | 1718.07    | 39.86              | 1745.88    | 39.16              | 1772.58    | 38.47              |
| 44       | 1733.25    | 41.65              | 1763.24    | 40.91              | 1791.62    | 40.18              | 1819.13    | 39.49              |
| 46       | 1776.63    | 42.69              | 1807.21    | 41.93              | 1836.65    | 41.19              | 1864.95    | 40.48              |
| 48       | 1819.36    | 43.72              | 1850.78    | 42.94              | 1881.03    | 42.19              | 1910.11    | 41.46              |
| 50       | 1861.49    | 44.73              | 1893.73    | 43.94              | 1924.78    | 43.24              | 1954.64    | 42.24              |

Fuente: Elaboración propia.

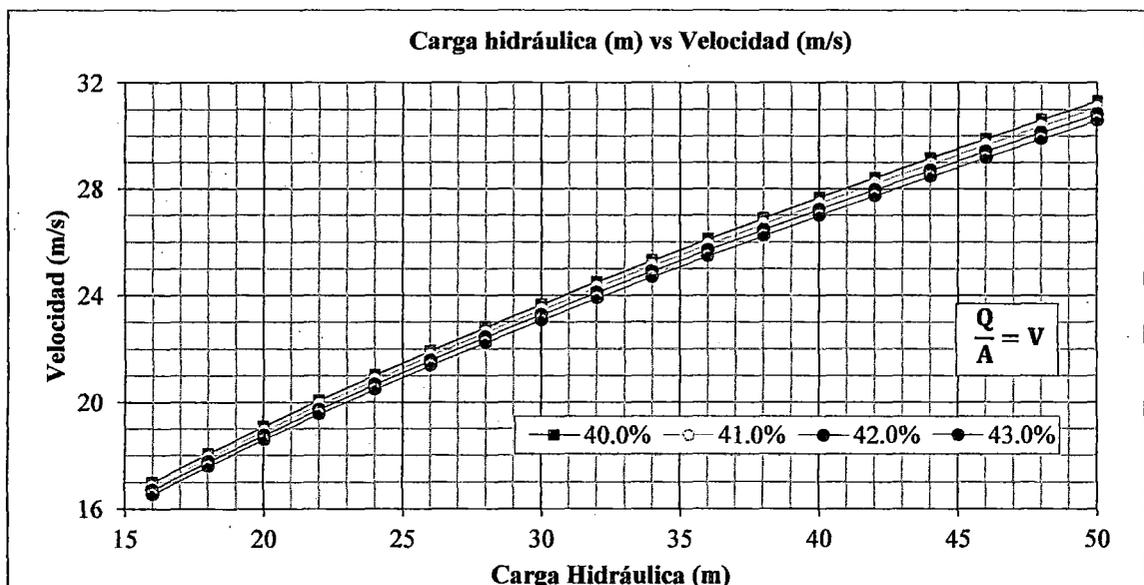
En la tabla N°22, se observa que para el rango de 40.0% a 43.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varia de 1008.67L/s a 1954.64L/s. Del mismo modo se muestra la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. De igual forma se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°79 y N°80.

**Figura N° 79:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% - 43.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 80:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 40.0% a 43.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 23:** Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 44.0% a 47.0%

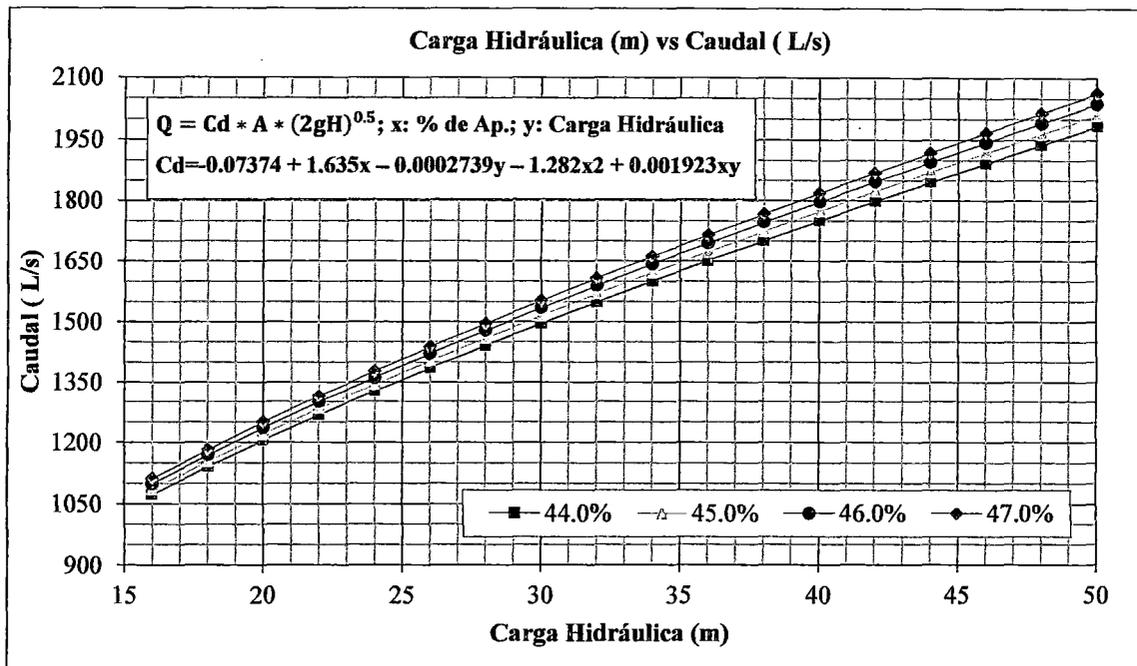
| H   | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           |
|-----|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|     | 44.0%      |           | 45.0%      |           | 46.0%      |           | 47.0%      |           |
| (m) | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad |
|     | (L/s)      | (m/s)     | (l/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     |
| 16  | 1070.70    | 36.02     | 1084.52    | 34.75     | 1097.66    | 33.57     | 1110.13    | 32.48     |
| 18  | 1138.84    | 38.31     | 1153.61    | 36.96     | 1167.66    | 35.71     | 1180.99    | 34.55     |
| 20  | 1203.82    | 40.50     | 1219.49    | 39.07     | 1234.41    | 37.75     | 1248.58    | 36.53     |
| 22  | 1266.11    | 42.60     | 1282.67    | 41.10     | 1298.43    | 39.71     | 1313.41    | 38.42     |
| 24  | 1326.09    | 44.61     | 1343.52    | 43.05     | 1360.11    | 41.60     | 1375.88    | 40.25     |
| 26  | 1384.08    | 46.57     | 1402.35    | 44.93     | 1419.75    | 43.42     | 1436.29    | 42.02     |
| 28  | 1440.32    | 48.46     | 1459.40    | 46.76     | 1477.59    | 45.19     | 1494.89    | 43.73     |
| 30  | 1495.00    | 50.30     | 1514.89    | 48.54     | 1533.86    | 46.91     | 1551.90    | 45.40     |
| 32  | 1548.29    | 52.09     | 1568.98    | 50.27     | 1588.71    | 48.59     | 1607.49    | 47.03     |
| 34  | 1600.33    | 53.84     | 1621.81    | 51.97     | 1642.29    | 50.23     | 1661.80    | 48.62     |
| 36  | 1651.25    | 55.55     | 1673.50    | 53.62     | 1694.73    | 51.83     | 1714.95    | 50.17     |
| 38  | 1701.14    | 57.23     | 1724.15    | 55.24     | 1746.13    | 53.41     | 1767.06    | 51.70     |
| 40  | 1750.10    | 58.88     | 1773.87    | 56.84     | 1796.57    | 54.95     | 1818.21    | 53.24     |
| 42  | 1798.20    | 60.50     | 1822.72    | 58.40     | 1846.15    | 56.46     | 1868.48    | 54.66     |
| 44  | 1845.51    | 62.09     | 1870.78    | 59.94     | 1894.93    | 57.96     | 1917.96    | 56.11     |
| 46  | 1892.10    | 63.66     | 1918.11    | 61.46     | 1942.97    | 59.43     | 1966.69    | 57.54     |
| 48  | 1938.02    | 65.20     | 1964.76    | 62.95     | 1990.33    | 60.87     | 2014.73    | 58.94     |
| 50  | 1983.31    | 66.73     | 2010.78    | 64.43     | 2037.06    | 62.30     | 2062.14    | 60.33     |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°23, se observa que para el rango de 44.0% a 47.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 1070.70L/s a 2062.14L/s.

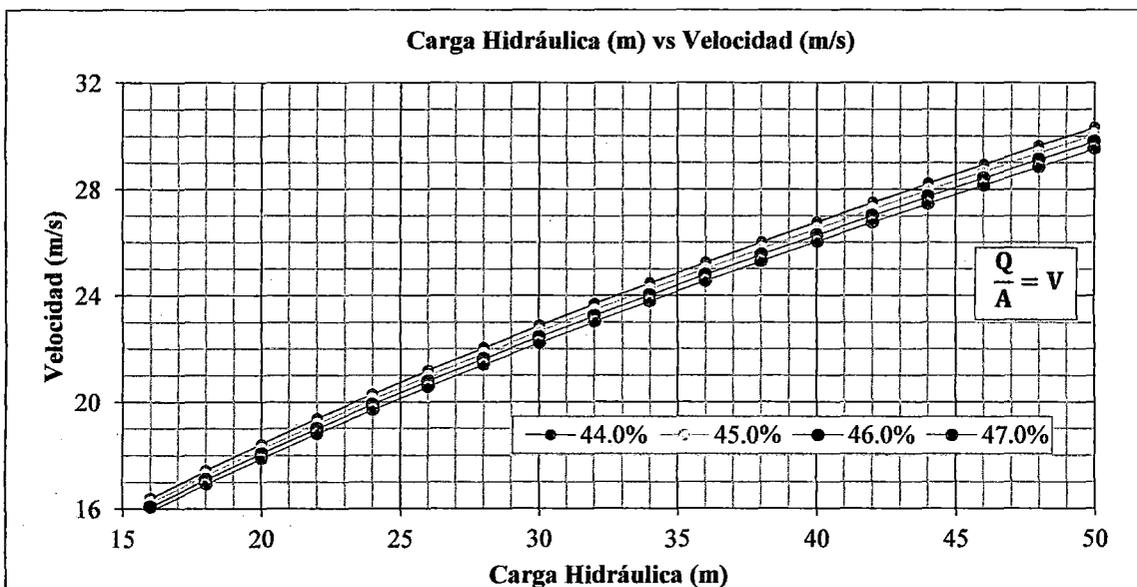
De igual forma se presenta la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°81 y N°82.

**Figura N° 81:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 44.0% - 47.0%



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 82:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 44.0% - 47.0%



Fuente: Elaboración propia.

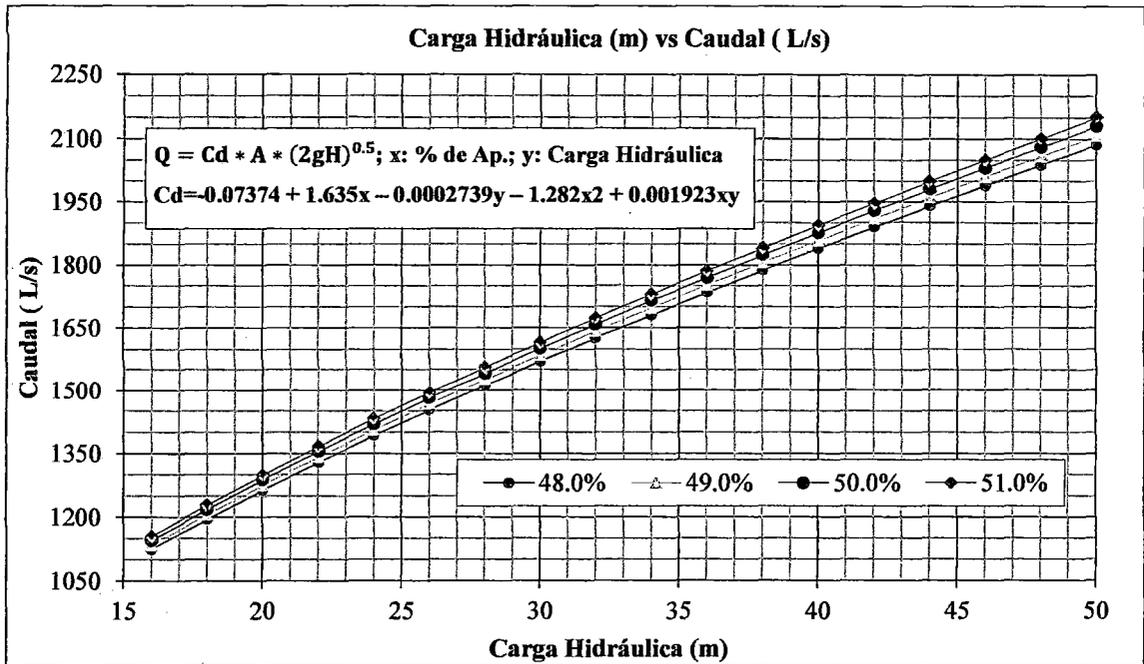
**Tabla N° 24:** Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 48.0% a 51.0%

| H   | % Apertura |                    | % Apertura |                    | % Apertura |                    | % Apertura |                    |
|-----|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|
|     | 48.0%      |                    | 49.0%      |                    | 50.0%      |                    | 51.0%      |                    |
| (m) | Q<br>(L/s) | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s) | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s) | Velocidad<br>(m/s) | Q<br>(L/s) | Velocidad<br>(m/s) |
| 16  | 1121.92    | 31.45              | 1133.04    | 30.50              | 1143.48    | 29.59              | 1153.25    | 28.74              |
| 18  | 1193.60    | 33.46              | 1205.50    | 32.25              | 1216.69    | 31.49              | 1227.15    | 30.58              |
| 20  | 1261.99    | 35.38              | 1274.65    | 34.31              | 1286.55    | 33.30              | 1297.70    | 32.34              |
| 22  | 1327.60    | 37.22              | 1340.99    | 36.09              | 1353.59    | 35.03              | 1365.40    | 34.03              |
| 24  | 1390.81    | 38.99              | 1404.93    | 37.81              | 1418.21    | 36.70              | 1430.67    | 35.65              |
| 26  | 1451.96    | 40.71              | 1466.78    | 39.48              | 1480.74    | 38.32              | 1493.84    | 37.23              |
| 28  | 1511.30    | 42.37              | 1526.81    | 41.09              | 1541.43    | 39.89              | 1555.15    | 38.76              |
| 30  | 1569.02    | 43.99              | 1585.22    | 42.67              | 1600.49    | 41.42              | 1614.83    | 40.24              |
| 32  | 1625.31    | 45.57              | 1642.18    | 44.20              | 1658.10    | 42.91              | 1673.06    | 41.69              |
| 34  | 1680.32    | 47.11              | 1697.85    | 45.70              | 1714.40    | 44.37              | 1729.97    | 43.21              |
| 36  | 1734.16    | 48.62              | 1752.36    | 47.16              | 1769.54    | 45.80              | 1785.71    | 44.50              |
| 38  | 1786.95    | 50.10              | 1805.80    | 48.60              | 1823.61    | 47.19              | 1840.38    | 45.86              |
| 40  | 1838.78    | 51.55              | 1858.28    | 50.02              | 1876.71    | 48.57              | 1894.08    | 47.20              |
| 42  | 1889.72    | 52.98              | 1909.87    | 51.40              | 1928.92    | 49.92              | 1946.88    | 48.52              |
| 44  | 1939.86    | 54.39              | 1960.65    | 52.77              | 1980.32    | 51.25              | 1998.87    | 49.81              |
| 46  | 1989.26    | 55.77              | 2010.68    | 54.12              | 2030.97    | 52.56              | 2050.10    | 51.09              |
| 48  | 2037.96    | 57.14              | 2060.03    | 55.45              | 2080.92    | 53.85              | 2100.65    | 52.35              |
| 50  | 2086.03    | 58.48              | 2108.73    | 56.76              | 2130.23    | 55.13              | 2150.54    | 53.59              |

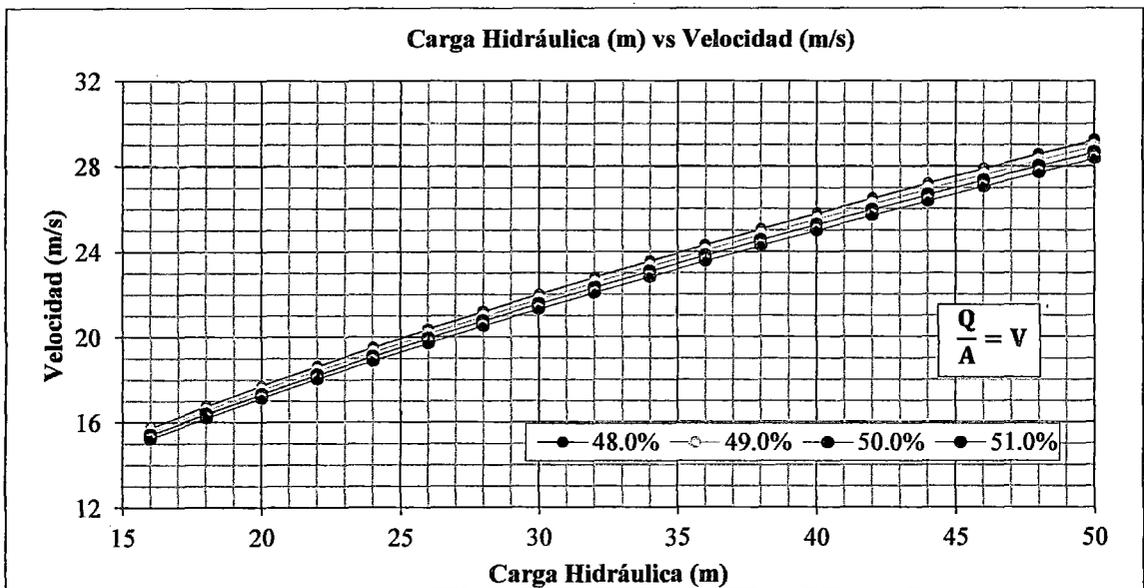
Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°24, se observa que para el rango de 48.0% a 51.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 1121.92L/s a 2150.54L/s. De igual forma se presenta la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°83 y N°84.

**Figura N° 83:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03 para el porcentaje de apertura que varía de 48.0% - 51.0%



**Figura N° 84:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 48.0% - 51.0%



**Tabla N° 25:** Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 52.0% a 55.0%

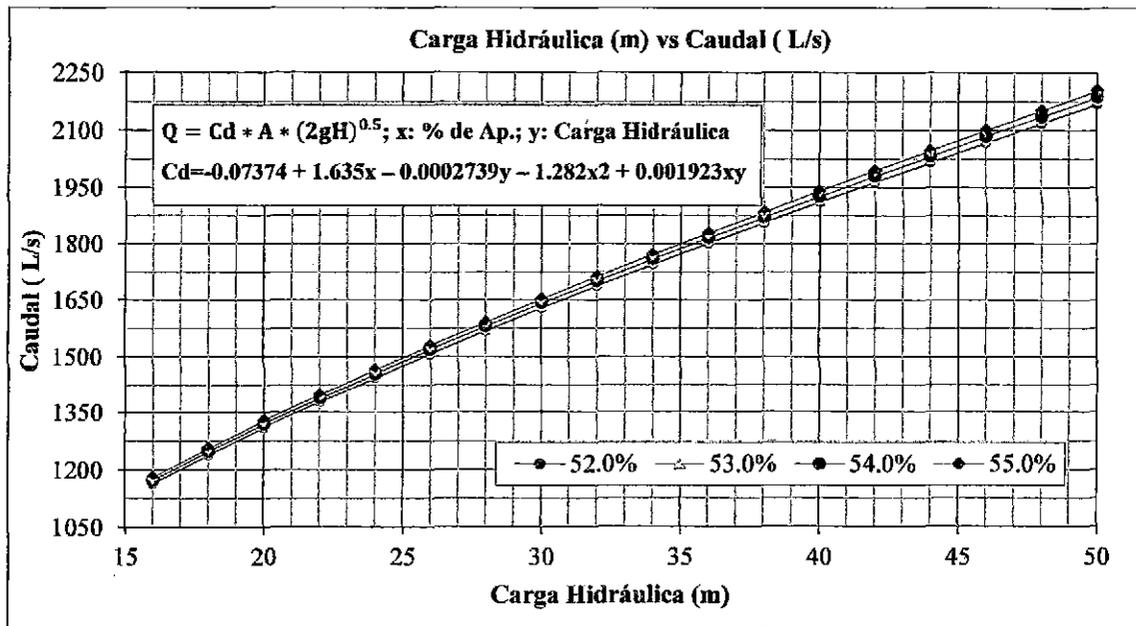
| H   | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           | % Apertura |           |
|-----|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|     | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad | Q          | Velocidad |
| (m) | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     | (L/s)      | (m/s)     |
| 16  | 1162.34    | 27.93     | 1170.76    | 27.16     | 1178.50    | 26.43     | 1185.57    | 25.73     |
| 18  | 1236.91    | 29.72     | 1245.94    | 28.91     | 1254.26    | 28.13     | 1261.86    | 27.39     |
| 20  | 1308.09    | 31.43     | 1317.73    | 30.57     | 1326.61    | 29.75     | 1334.74    | 28.97     |
| 22  | 1376.42    | 33.08     | 1386.64    | 32.17     | 1396.08    | 31.31     | 1404.72    | 30.49     |
| 24  | 1442.30    | 34.66     | 1453.21    | 33.72     | 1463.09    | 32.82     | 1472.24    | 31.96     |
| 26  | 1506.07    | 36.19     | 1517.45    | 35.21     | 1527.96    | 34.27     | 1537.62    | 33.37     |
| 28  | 1567.98    | 37.68     | 1579.92    | 36.66     | 1590.97    | 35.68     | 1601.12    | 34.75     |
| 30  | 1628.25    | 39.13     | 1640.75    | 38.07     | 1652.32    | 37.06     | 1662.97    | 36.10     |
| 32  | 1687.06    | 40.54     | 1700.11    | 39.45     | 1712.20    | 38.40     | 1723.34    | 37.41     |
| 34  | 1744.56    | 41.92     | 1758.15    | 40.79     | 1770.77    | 39.72     | 1782.40    | 38.69     |
| 36  | 1800.87    | 43.28     | 1815.01    | 42.11     | 1828.15    | 41.00     | 1840.27    | 39.94     |
| 38  | 1856.11    | 44.60     | 1870.80    | 43.41     | 1884.45    | 42.27     | 1897.05    | 41.18     |
| 40  | 1910.37    | 45.91     | 1925.60    | 44.68     | 1939.77    | 43.51     | 1952.86    | 42.39     |
| 42  | 1963.75    | 47.19     | 1979.52    | 45.93     | 1994.19    | 44.73     | 2007.78    | 43.58     |
| 44  | 2016.30    | 48.45     | 2032.61    | 47.16     | 2047.80    | 45.93     | 2061.87    | 44.75     |
| 46  | 2068.10    | 49.70     | 2084.95    | 48.38     | 2100.65    | 47.12     | 2115.21    | 45.91     |
| 48  | 2119.20    | 50.93     | 2136.59    | 49.57     | 2152.80    | 48.29     | 2167.85    | 47.05     |
| 50  | 2169.66    | 52.14     | 2187.58    | 50.76     | 2204.31    | 49.44     | 2219.85    | 48.18     |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°25, se observa que para el rango de 52.0% a 55.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varia de 1162.34L/s a 2219.85L/s.

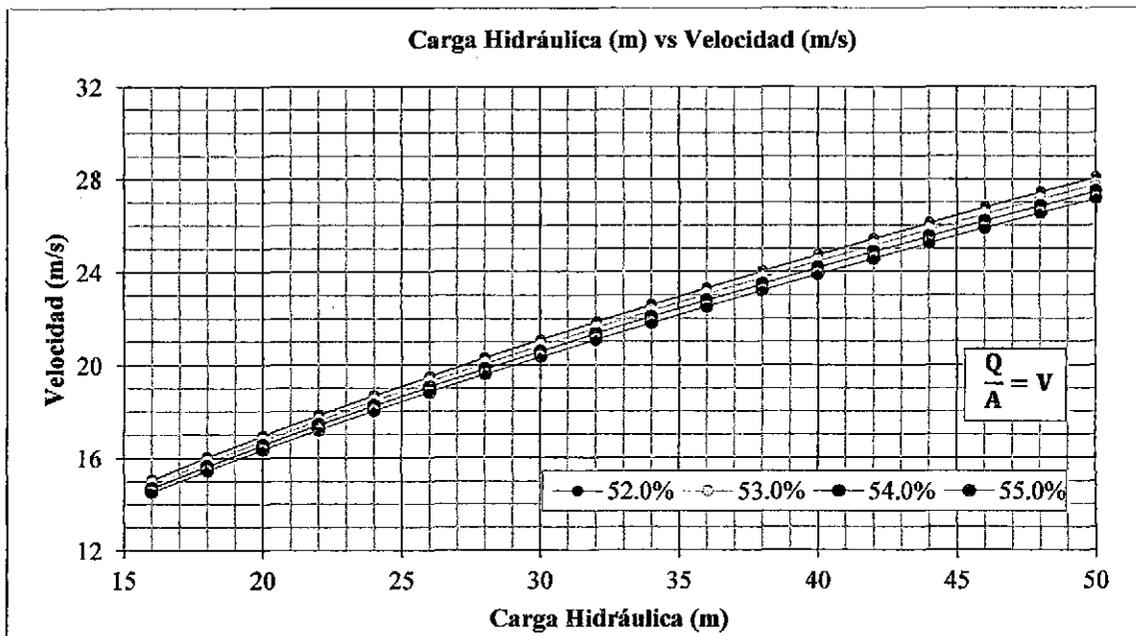
De la misma manera se presenta la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. De igual forma se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°85 y N°86.

**Figura N° 85:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 52.0% a 55.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 86:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 52.0% - 55.0%



Fuente: Elaboración propia.

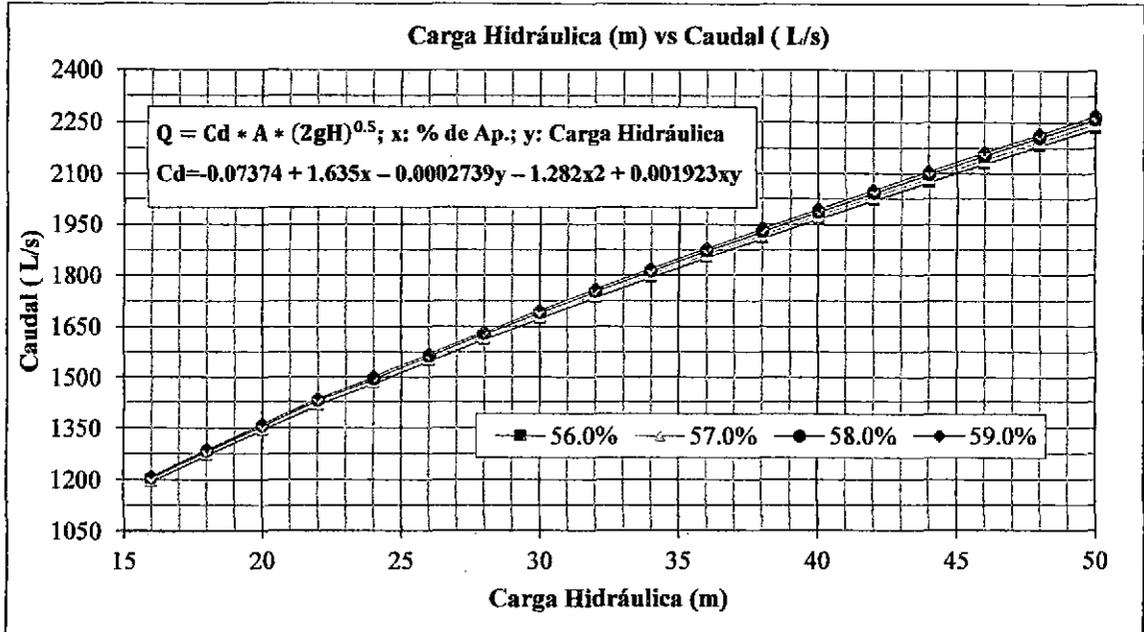
**Tabla N° 26:** Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 56.0% a 59.0%

| H   | % Apertura |                 | % Apertura |                 | % Apertura |                 | % Apertura |                 |
|-----|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
|     | 56.0%      |                 | 57.0%      |                 | 58.0%      |                 | 59.0%      |                 |
| (m) | Q (L/s)    | Velocidad (m/s) |
| 16  | 1191.96    | 40.10           | 1197.68    | 38.38           | 1202.72    | 36.79           | 1207.09    | 35.31           |
| 18  | 1268.75    | 42.69           | 1274.92    | 40.85           | 1280.38    | 39.16           | 1285.12    | 37.60           |
| 20  | 1342.11    | 45.15           | 1348.73    | 43.22           | 1354.59    | 41.43           | 1359.70    | 39.78           |
| 22  | 1412.57    | 47.52           | 1419.63    | 45.49           | 1425.90    | 43.61           | 1431.38    | 41.88           |
| 24  | 1480.56    | 49.81           | 1488.06    | 47.68           | 1494.73    | 45.72           | 1500.58    | 43.90           |
| 26  | 1546.41    | 52.03           | 1554.34    | 49.80           | 1561.42    | 47.76           | 1567.63    | 45.86           |
| 28  | 1610.38    | 54.18           | 1618.75    | 51.87           | 1626.22    | 49.74           | 1632.80    | 47.77           |
| 30  | 1672.69    | 56.28           | 1681.49    | 53.88           | 1689.37    | 51.67           | 1696.32    | 49.63           |
| 32  | 1733.53    | 58.32           | 1742.76    | 55.84           | 1751.04    | 53.56           | 1758.36    | 51.44           |
| 34  | 1793.05    | 60.32           | 1802.71    | 57.76           | 1811.39    | 55.40           | 1819.08    | 53.22           |
| 36  | 1851.37    | 62.29           | 1861.47    | 59.64           | 1870.55    | 57.21           | 1878.62    | 54.96           |
| 38  | 1908.62    | 64.21           | 1919.15    | 61.49           | 1928.63    | 58.99           | 1937.08    | 56.67           |
| 40  | 1964.89    | 66.11           | 1975.85    | 63.31           | 1985.74    | 60.73           | 1994.57    | 58.35           |
| 42  | 2020.27    | 67.97           | 2031.66    | 65.10           | 2041.96    | 62.45           | 2051.17    | 60.01           |
| 44  | 2074.82    | 69.80           | 2086.65    | 66.86           | 2097.36    | 64.15           | 2106.96    | 61.64           |
| 46  | 2128.62    | 71.61           | 2140.89    | 68.60           | 2152.01    | 65.82           | 2161.99    | 63.25           |
| 48  | 2181.73    | 73.40           | 2194.44    | 70.31           | 2205.97    | 67.47           | 2216.34    | 64.84           |
| 50  | 2234.19    | 75.17           | 2247.34    | 72.01           | 2259.30    | 69.10           | 2270.06    | 66.41           |

Fuente: Elaboración propia.

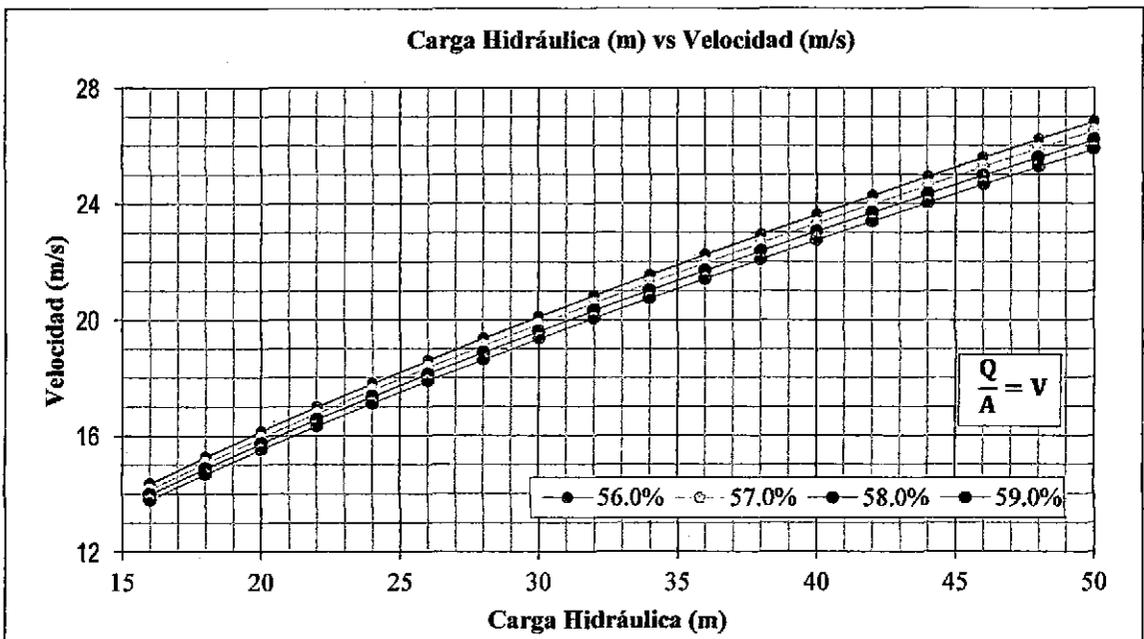
En la tabla N°26, se observa que para el rango de 56.0% a 59.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varia de 1191.96L/s a 2270.06L/s. De la misma manera se presenta la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. De igual forma se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°87 y N°88.

**Figura N° 87:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 56.0% a 59.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 88:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 56.0% a 59.0%.



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 27:** Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 60.0% a 63.0%

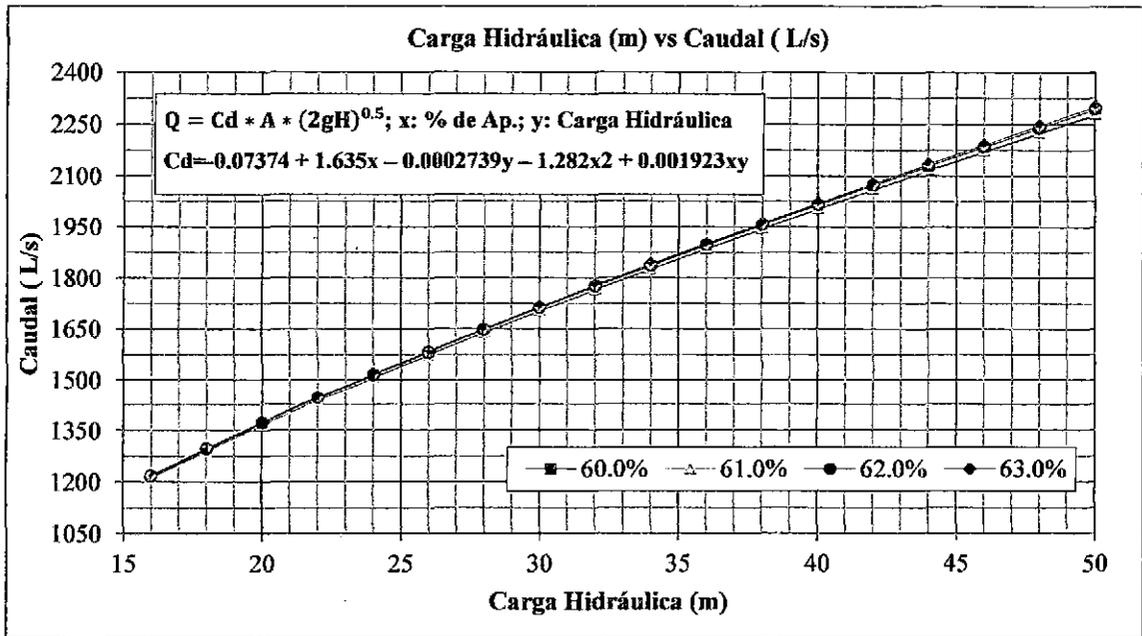
|     |         | % Apertura |         | % Apertura |         | % Apertura |         | % Apertura |  |
|-----|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|--|
|     |         | 60.0%      |         | 61.0%      |         | 62.0%      |         | 63.0%      |  |
| H   | Q       | Velocidad  | Q       | Velocidad  | Q       | Velocidad  | Q       | Velocidad  |  |
| (m) | (L/s)   | (m/s)      | (L/s)   | (m/s)      | (L/s)   | (m/s)      | (L/s)   | (m/s)      |  |
| 16  | 1210.78 | 33.95      | 1213.79 | 32.67      | 1216.13 | 31.47      | 1217.8  | 30.35      |  |
| 18  | 1289.14 | 36.14      | 1292.40 | 34.79      | 1295.04 | 33.52      | 1296.91 | 32.32      |  |
| 20  | 1364.05 | 38.24      | 1367.65 | 36.81      | 1370.49 | 35.47      | 1372.58 | 34.21      |  |
| 22  | 1436.06 | 40.26      | 1439.96 | 38.76      | 1443.06 | 37.35      | 1445.37 | 36.02      |  |
| 24  | 1505.59 | 42.21      | 1509.78 | 40.64      | 1513.25 | 39.16      | 1515.68 | 37.77      |  |
| 26  | 1572.98 | 44.1       | 1577.47 | 42.46      | 1581.1  | 40.92      | 1583.87 | 39.47      |  |
| 28  | 1638.49 | 45.94      | 1643.28 | 44.23      | 1647.18 | 42.63      | 1650.19 | 41.12      |  |
| 30  | 1702.34 | 47.73      | 1707.44 | 45.96      | 1711.62 | 44.30      | 1714.87 | 42.74      |  |
| 32  | 1764.72 | 49.48      | 1770.13 | 47.64      | 1774.59 | 45.93      | 1778.09 | 44.31      |  |
| 34  | 1825.79 | 51.19      | 1831.52 | 49.29      | 1836.26 | 47.52      | 1840.01 | 45.86      |  |
| 36  | 1885.67 | 52.87      | 1891.72 | 50.92      | 1896.75 | 49.09      | 1900.77 | 47.37      |  |
| 38  | 1944.49 | 54.52      | 1950.85 | 52.51      | 1956.18 | 50.63      | 1960.46 | 48.86      |  |
| 40  | 2002.33 | 56.14      | 2009.02 | 54.07      | 2014.64 | 52.14      | 2019.25 | 50.32      |  |
| 42  | 2059.28 | 57.73      | 2066.34 | 55.61      | 2072.23 | 53.63      | 2077.06 | 51.76      |  |
| 44  | 2115.43 | 59.31      | 2122.78 | 57.13      | 2129.01 | 55.14      | 2134.13 | 53.28      |  |
| 46  | 2170.83 | 60.86      | 2178.52 | 58.63      | 2185.06 | 56.55      | 2190.46 | 54.59      |  |
| 48  | 2225.54 | 62.24      | 2233.58 | 60.12      | 2240.44 | 57.98      | 2246.13 | 55.98      |  |
| 50  | 2279.63 | 63.91      | 2288    | 61.58      | 2295.19 | 59.45      | 2301.17 | 57.35      |  |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°27, se observa que para el rango de 60.0% a 63.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 1210.78L/s a 2301.17L/s.

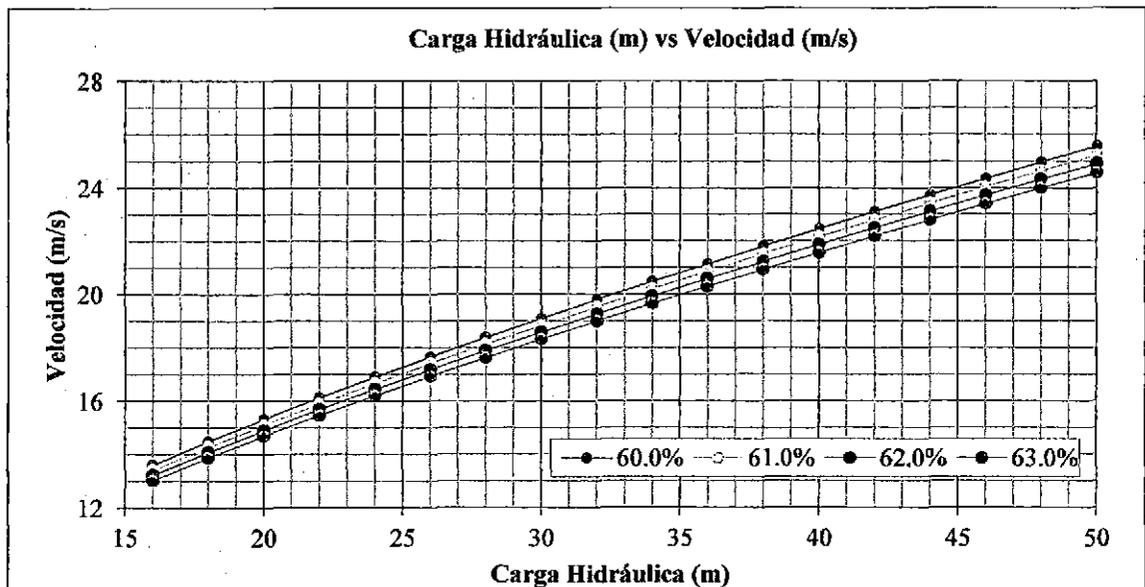
De la misma manera se presenta la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. De igual forma se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°89 y N°90.

**Figura N° 89:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 60.0% a 63.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 90:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 60.0% a 63.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 28:** Cálculo del caudal de descarga de la compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 64.0% a 67.0%

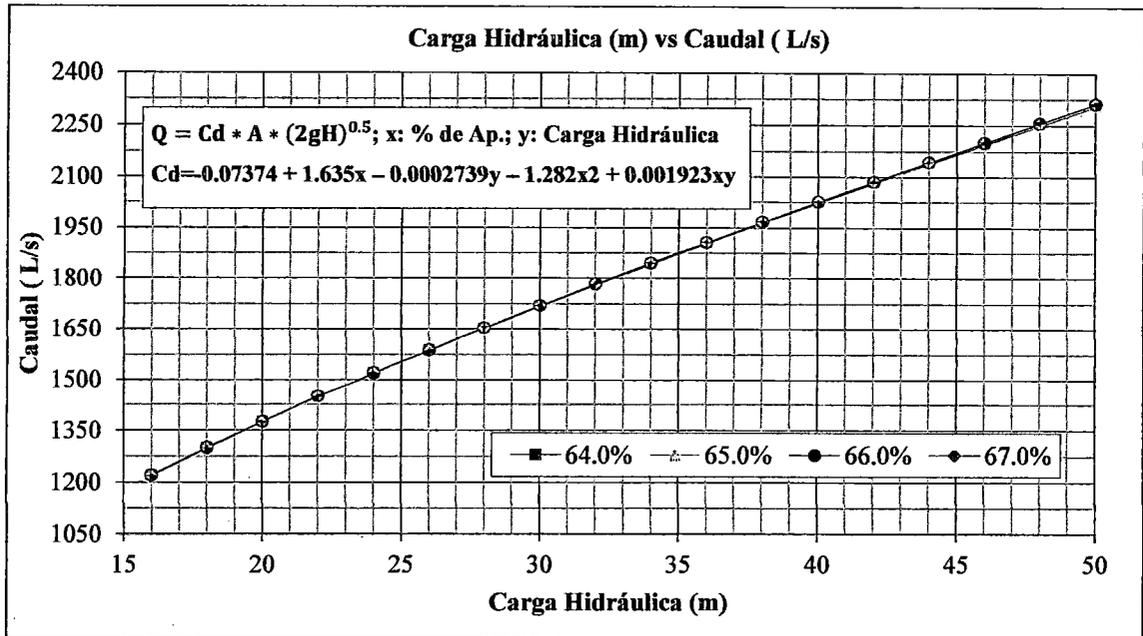
| H   | % Apertura |                 | % Apertura |                 | % Apertura |                 | % Apertura |                 |
|-----|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
|     | 64.0%      |                 | 65.0%      |                 | 66.0%      |                 | 67.0%      |                 |
| (m) | Q (L/s)    | Velocidad (m/s) |
| 16  | 1218.79    | 29.29           | 1219.11    | 28.29           | 1218.75    | 27.34           | 1217.71    | 26.43           |
| 18  | 1298.07    | 31.19           | 1298.51    | 30.13           | 1298.24    | 29.12           | 1297.25    | 28.16           |
| 20  | 1373.92    | 33.02           | 1374.50    | 31.89           | 1374.32    | 30.82           | 1373.39    | 29.81           |
| 22  | 1446.89    | 34.77           | 1447.61    | 33.59           | 1447.55    | 32.47           | 1446.69    | 31.40           |
| 24  | 1517.39    | 36.46           | 1518.28    | 35.23           | 1518.33    | 34.05           | 1517.56    | 32.94           |
| 26  | 1585.78    | 38.11           | 1586.83    | 36.82           | 1587.01    | 35.60           | 1586.34    | 34.43           |
| 28  | 1652.30    | 39.71           | 1653.53    | 38.37           | 1653.85    | 37.09           | 1653.29    | 35.89           |
| 30  | 1717.20    | 41.27           | 1718.60    | 39.88           | 1719.08    | 38.56           | 1718.63    | 37.30           |
| 32  | 1780.64    | 42.79           | 1782.23    | 41.35           | 1782.87    | 39.99           | 1782.55    | 38.69           |
| 34  | 1842.79    | 44.28           | 1844.58    | 42.80           | 1845.38    | 41.39           | 1845.20    | 40.05           |
| 36  | 1903.77    | 45.75           | 1905.76    | 44.22           | 1906.74    | 42.77           | 1906.71    | 41.39           |
| 38  | 1963.70    | 47.19           | 1965.91    | 45.61           | 1967.07    | 44.12           | 1967.19    | 42.70           |
| 40  | 2022.69    | 48.61           | 2025.11    | 46.99           | 2026.46    | 45.45           | 2026.74    | 43.99           |
| 42  | 2080.80    | 50.00           | 2083.44    | 48.34           | 2084.99    | 46.76           | 2085.45    | 45.27           |
| 44  | 2138.12    | 51.38           | 2141.00    | 49.68           | 2142.75    | 48.06           | 2143.39    | 46.52           |
| 46  | 2194.72    | 52.74           | 2197.83    | 51.00           | 2199.80    | 49.34           | 2200.62    | 47.77           |
| 48  | 2250.65    | 54.09           | 2254.00    | 52.30           | 2256.19    | 50.60           | 2257.20    | 48.99           |
| 50  | 2305.97    | 55.41           | 2309.57    | 53.59           | 2311.98    | 51.86           | 2313.29    | 50.21           |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°28, se observa que para el rango de 64.0% a 67.0% de apertura de la compuerta de regulación N°03, el caudal de descarga varía de 1218.79L/s a 2313.29L/s.

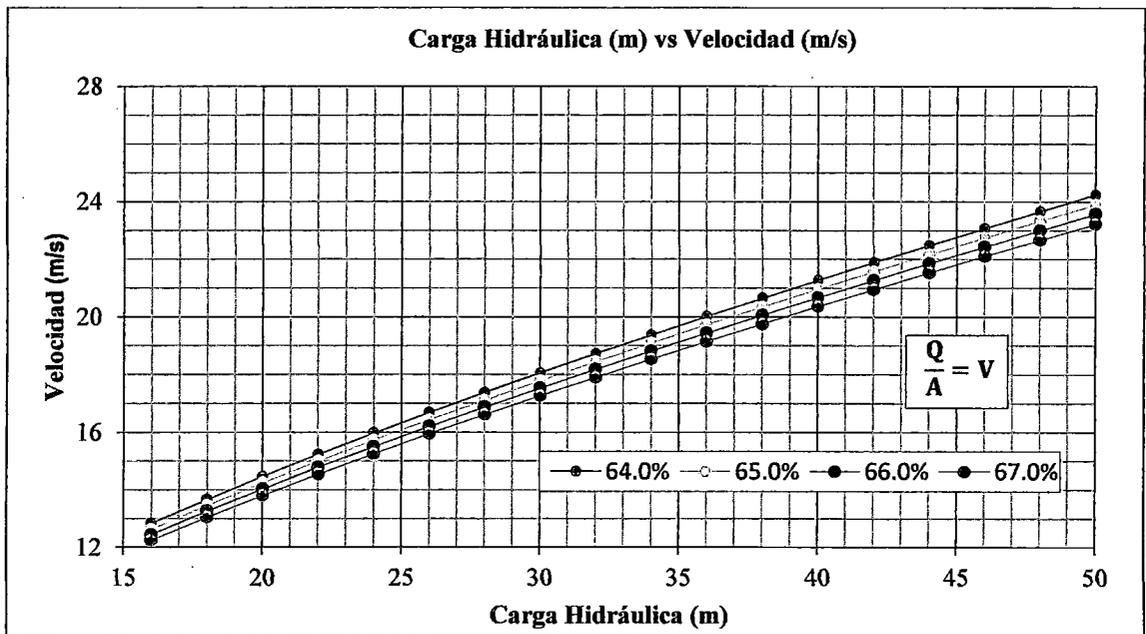
Asimismo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs caudal (L/s) para el porcentaje de apertura anteriormente mencionado. Del mismo modo se presenta la relación carga hidráulica (m) vs velocidad (m/s). Ver figura N°91 y N°92.

**Figura N° 91:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 64.0% a 67.0%



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 92:** Relación entre la Carga Hidráulica (m) vs Velocidad (m/s), compuerta de regulación N°03, para el porcentaje de apertura que varía de 64.0% a 67.0%



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3 Determinación del Cd “ Compuerta de regulación N°03”

En la tabla N°29 se muestra dos coeficientes de descarga, el coeficiente de descarga real y el coeficiente de descarga determinado mediante la función polinómica obtenida del Software Matlab.

Cabe mencionar que la calibración de las compuertas de regulación, se resume básicamente a encontrar el Cd o una función que permita encontrar el Cd.

Los valores del Cd real (ver tabla N°29) es el producto de calcular mediante la ecuación 3.2.1, y los valores del Cd determinado, es el producto obtenido mediante la función polinómica del Software Matlab.

Los resultados del Cd (real y determinado) se calcularon de la misma base de datos, por lo tanto en teoría ambos resultados deberían ser iguales. Sin embargo la diferencia entre ambos coeficientes es mínimo por lo tanto existe un buen ajuste en los resultados obtenidos.

Tabla N° 29: Coeficiente de descarga

| Ítem | Porcentaje de apertura | Cd real | Cd determinado |
|------|------------------------|---------|----------------|
| 1    | 60                     | 0.465   | 0.472          |
| 2    | 50                     | 0.443   | 0.444          |
| 3    | 45                     | 0.432   | 0.428          |
| 4    | 40                     | 0.396   | 0.391          |
| 5    | 35                     | 0.367   | 0.357          |
| 6    | 30                     | 0.310   | 0.311          |
| 7    | 25                     | 0.278   | 0.263          |
| 8    | 24                     | 0.245   | 0.252          |
| 9    | 21                     | 0.216   | 0.218          |
| 10   | 20                     | 0.206   | 0.206          |
| 11   | 19                     | 0.192   | 0.194          |
| 12   | 18                     | 0.181   | 0.182          |
| 13   | 17                     | 0.166   | 0.169          |
| 14   | 16                     | 0.157   | 0.156          |
| 15   | 15                     | 0.144   | 0.143          |
| 16   | 14                     | 0.127   | 0.130          |
| 17   | 13                     | 0.116   | 0.116          |
| 18   | 10                     | 0.080   | 0.073          |

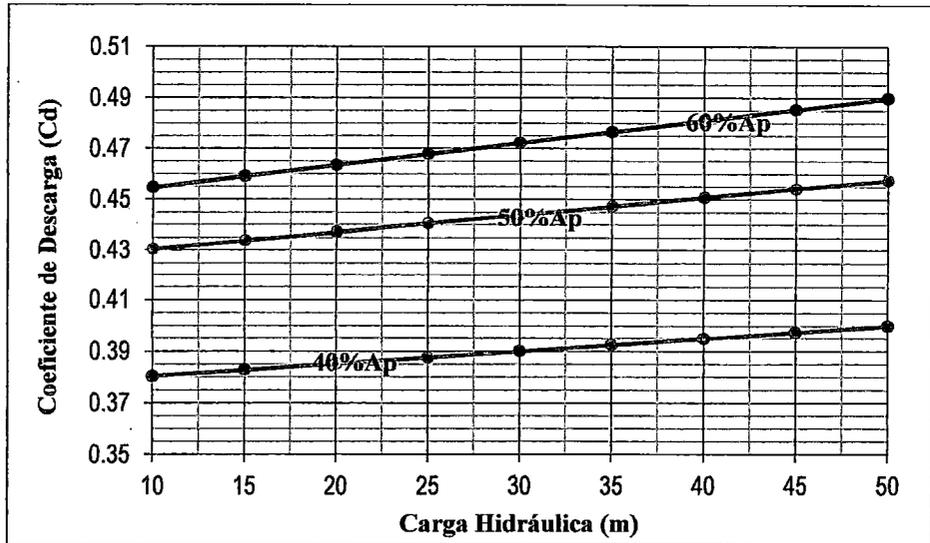
Fuente: Elaboración Propia.

El mejor parámetro para calibrar nuestro Cd obtenido de la función polinómica, es comparar con el Cd, despejado directamente de la ecuación general de orificios. Según los resultados obtenidos en la tabla N°29, se observa que existe un buen ajuste.

#### 4.2.4 Variación del coeficiente de descarga CR N°3

En la figura N°93 se presenta la variación del coeficiente de descarga, incrementando la carga hidráulica y manteniendo constante el área.

Figura N° 93: Variación del coeficiente de descarga



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.5 Caudales aforado vs caudales determinados mediante ecuación para la CR N°03

En esta parte del estudio se presenta los caudales generados mediante la siguiente ecuación  $Q = Cd * A * (2gH)^{0.5}$ , para todos los aforos realizados. Asimismo se presenta el porcentaje de error el cual se expresa mediante la siguiente expresión.

% E: % de error

$$\% E = \frac{Q. \text{Aforado} - Q. \text{Determinado mediante ecuación}}{Q. \text{Aforado}} \dots \dots \dots (4.2.3)$$

**Tabla N° 30 : Caudales determinados y aforados CR N°03**

| Item | Fecha      | Q. Aforado (L/s) | Q. Determinado Mediante Ecuación (L/s) | % de Error |
|------|------------|------------------|--|------------|
| 1    | 28/05/2012 | 373.9            | 340.1                                  | 9.0        |
| 2    | 06/06/2012 | 406.3            | 360.1                                  | 11.4       |
| 3    | 11/06/2012 | 402.1            | 360.8                                  | 10.3       |
| 4    | 03/01/2011 | 381.6            | 352.1                                  | 7.7        |
| 5    | 10/01/2011 | 371.4            | 351.7                                  | 5.3        |
| 6    | 14/01/2011 | 369.4            | 355.0                                  | 3.9        |
| 7    | 17/01/2011 | 370.1            | 354.8                                  | 4.1        |
| 8    | 18/01/2011 | 371.1            | 354.6                                  | 4.4        |
| 9    | 21/01/2011 | 371.0            | 354.3                                  | 4.5        |
| 10   | 28/01/2011 | 372.1            | 370.5                                  | 0.4        |
| 11   | 01/02/2011 | 401.8            | 388.0                                  | 3.4        |
| 12   | 23/07/2011 | 396.7            | 388.6                                  | 2.0        |
| 13   | 25/07/2011 | 386.3            | 388.5                                  | -0.6       |
| 14   | 14/08/2011 | 384.3            | 386.0                                  | -0.4       |
| 15   | 15/08/2011 | 382.9            | 385.8                                  | -0.8       |
| 16   | 22/08/2011 | 375.5            | 384.9                                  | -2.5       |
| 17   | 29/08/2011 | 376.8            | 383.8                                  | -1.9       |
| 18   | 05/09/2011 | 377.8            | 382.7                                  | -1.3       |
| 19   | 12/09/2011 | 365.4            | 381.4                                  | -4.4       |
| 20   | 20/03/2012 | 349.9            | 357.4                                  | -2.1       |
| 21   | 29/03/2012 | 350.1            | 361.6                                  | -3.3       |
| 22   | 25/02/2005 | 446.0            | 426.4                                  | 4.4        |
| 23   | 07/03/2005 | 585.4            | 395.3                                  | 32.5       |
| 24   | 03/03/2008 | 407.4            | 413.6                                  | -1.5       |
| 25   | 27/03/2008 | 430.0            | 423.8                                  | 1.5        |
| 26   | 26/09/2011 | 420.3            | 406.1                                  | 3.4        |
| 27   | 18/03/2012 | 367.2            | 377.2                                  | -2.7       |
| 28   | 03/01/2007 | 404.8            | 386.1                                  | 4.6        |
| 29   | 05/07/2005 | 405.6            | 427.8                                  | -5.5       |
| 30   | 24/08/2005 | 419.5            | 420.7                                  | -0.3       |
| 31   | 24/05/2008 | 452.9            | 445.8                                  | 1.6        |
| 32   | 07/06/2008 | 440.3            | 443.0                                  | -0.6       |
| 33   | 14/06/2008 | 448.8            | 441.9                                  | 1.5        |
| 34   | 23/06/2008 | 446.1            | 440.6                                  | 1.2        |
| 35   | 05/07/2008 | 447.2            | 438.4                                  | 2.0        |
| 36   | 14/07/2008 | 440.4            | 437.1                                  | 0.8        |
| 37   | 19/07/2008 | 438.8            | 436.2                                  | 0.6        |
| 38   | 26/07/2008 | 440.5            | 434.7                                  | 1.3        |
| 39   | 02/08/2008 | 449.6            | 433.4                                  | 3.6        |
| 40   | 09/08/2008 | 449.6            | 432.8                                  | 3.7        |

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 31: Caudales determinados y aforados CR N°03**

| Ítem | Fecha      | Q. Aforado (L/s) | Q. Determinado Mediante Ecuación (L/s) | % de Error |
|------|------------|------------------|--|------------|
| 41   | 16/08/2008 | 443.3            | 431.6                                  | 2.7        |
| 42   | 23/08/2008 | 446.7            | 430.3                                  | 3.7        |
| 43   | 30/08/2008 | 443.9            | 428.4                                  | 3.5        |
| 44   | 13/09/2008 | 435.3            | 424.7                                  | 2.4        |
| 45   | 10/10/2011 | 442.9            | 428.8                                  | 3.2        |
| 46   | 17/10/2011 | 435.5            | 436.9                                  | -0.3       |
| 47   | 07/05/2013 | 491.2            | 500.3                                  | -1.9       |
| 48   | 12/06/2013 | 497.1            | 505.1                                  | -1.6       |
| 49   | 20/06/2013 | 493.3            | 505.7                                  | -2.5       |
| 50   | 24/06/2013 | 504.6            | 505.7                                  | -0.2       |
| 51   | 12/07/2013 | 506.3            | 505.1                                  | 0.2        |
| 52   | 19/08/2013 | 495.7            | 501.0                                  | -1.1       |
| 53   | 15/03/2014 | 446.5            | 462.8                                  | -3.7       |
| 54   | 19/03/2014 | 465.1            | 463.7                                  | 0.3        |
| 55   | 23/03/2014 | 455.5            | 463.6                                  | -1.8       |
| 56   | 31/03/2014 | 447.4            | 461.9                                  | -3.2       |
| 57   | 07/04/2014 | 452.3            | 462.2                                  | -2.2       |
| 58   | 02/11/2008 | 429.2            | 401.2                                  | 6.5        |
| 59   | 02/11/2013 | 434.5            | 400.9                                  | 7.7        |
| 60   | 03/11/2011 | 387.7            | 406.7                                  | -4.9       |
| 61   | 03/11/2009 | 408.2            | 406.1                                  | 0.5        |
| 62   | 03/11/2007 | 389.2            | 404.7                                  | -4.0       |
| 63   | 03/12/2003 | 386.0            | 403.5                                  | -4.5       |
| 64   | 01/02/2008 | 451.6            | 449.5                                  | 0.5        |
| 65   | 02/05/2008 | 433.9            | 451.6                                  | -4.1       |
| 66   | 03/05/2013 | 454.9            | 451.3                                  | 0.8        |
| 67   | 21/03/2005 | 463.3            | 452.3                                  | 2.4        |
| 68   | 03/07/2011 | 449.5            | 448.0                                  | 0.3        |
| 69   | 22/03/2007 | 446.8            | 447.6                                  | -0.2       |
| 70   | 03/08/2006 | 445.0            | 446.7                                  | -0.4       |
| 71   | 09/02/2007 | 435.4            | 440.1                                  | -1.1       |
| 72   | 13/02/2007 | 452.2            | 450.7                                  | 0.3        |
| 73   | 17/02/2007 | 464.3            | 457.5                                  | 1.5        |
| 74   | 20/02/2007 | 465.3            | 459.0                                  | 1.4        |
| 75   | 23/02/2007 | 464.7            | 460.8                                  | 0.8        |
| 76   | 27/01/2009 | 410.8            | 400.3                                  | 2.5        |
| 77   | 30/01/2009 | 391.0            | 402.6                                  | -3.0       |
| 78   | 10/02/2009 | 410.9            | 420.8                                  | -2.4       |
| 79   | 12/02/2009 | 424.1            | 425.1                                  | -0.2       |
| 80   | 17/02/2009 | 446.9            | 447.0                                  | 0.0        |

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 32: Caudales determinados y aforados CR N°03**

| Item | Fecha      | Q. Aforado (L/s) | Q. Determinado Mediante Ecuación (L/s) | % de Error |
|------|------------|------------------|--|------------|
| 81   | 21/02/2009 | 435.7            | 454.6                                  | -4.3       |
| 82   | 23/02/2009 | 449.5            | 458.6                                  | -2.0       |
| 83   | 26/02/2009 | 470.8            | 475.7                                  | -1.0       |
| 84   | 02/10/2012 | 450.9            | 422.5                                  | 6.3        |
| 85   | 02/10/2029 | 447.6            | 421.6                                  | 5.8        |
| 86   | 02/11/2002 | 447.0            | 421.2                                  | 5.8        |
| 87   | 02/11/2006 | 424.0            | 420.8                                  | 0.8        |
| 88   | 28/07/2012 | 511.9            | 507.6                                  | 0.8        |
| 89   | 06/08/2012 | 518.1            | 506.5                                  | 2.2        |
| 90   | 13/08/2012 | 514.4            | 504.9                                  | 1.8        |
| 91   | 21/08/2012 | 510.4            | 503.3                                  | 1.4        |
| 92   | 29/08/2012 | 507.4            | 501.7                                  | 1.1        |
| 93   | 10/09/2012 | 509.5            | 498.6                                  | 2.1        |
| 94   | 24/09/2012 | 509.7            | 494.8                                  | 2.9        |
| 95   | 02/10/2012 | 509.9            | 492.8                                  | 3.4        |
| 96   | 15/10/2012 | 509.3            | 488.2                                  | 4.1        |
| 97   | 04/01/2005 | 404.9            | 442.2                                  | -9.2       |
| 98   | 21/03/2003 | 442.5            | 460.4                                  | -4.1       |
| 99   | 03/08/2009 | 462.8            | 467.4                                  | -1.0       |
| 100  | 03/08/2013 | 460.8            | 466.8                                  | -1.3       |
| 101  | 03/09/2004 | 456.1            | 462.0                                  | -1.3       |
| 102  | 03/09/2026 | 458.1            | 456.6                                  | 0.3        |
| 103  | 03/10/2010 | 452.8            | 452.1                                  | 0.1        |
| 104  | 12/04/2007 | 484.5            | 500.2                                  | -3.2       |
| 105  | 16/04/2007 | 504.4            | 500.4                                  | 0.8        |
| 106  | 20/04/2007 | 507.5            | 500.2                                  | 1.4        |
| 107  | 24/04/2007 | 506.6            | 499.5                                  | 1.4        |
| 108  | 12/07/2007 | 473.4            | 485.2                                  | -2.5       |
| 109  | 24/07/2007 | 478.9            | 482.8                                  | -0.8       |
| 110  | 21/08/2007 | 473.6            | 478.3                                  | -1.0       |
| 111  | 28/08/2007 | 466.5            | 476.4                                  | -2.1       |
| 112  | 11/09/2007 | 464.7            | 471.6                                  | -1.5       |
| 113  | 27/04/2011 | 504.8            | 522.0                                  | -3.4       |
| 114  | 05/12/2011 | 457.9            | 454.4                                  | 0.8        |
| 115  | 19/12/2011 | 430.4            | 446.0                                  | -3.6       |
| 116  | 16/02/2014 | 502.3            | 514.7                                  | -2.5       |
| 117  | 13/02/2014 | 522.1            | 515.7                                  | 1.2        |
| 118  | 23/02/2014 | 513.7            | 512.5                                  | 0.2        |
| 119  | 28/02/2014 | 496.1            | 511.5                                  | -3.1       |
| 120  | 08/03/2014 | 492.7            | 509.8                                  | -3.5       |

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 33: Caudales determinados y aforados CR N°03**

| Ítem | Fecha      | Q. Aforado (L/s) | Q. Determinado Mediante Ecuación (L/s) | % de Error |
|------|------------|------------------|--|------------|
| 121  | 11/03/2014 | 495.2            | 509.3                                  | -2.8       |
| 122  | 02/09/2008 | 478.5            | 477.8                                  | 0.1        |
| 123  | 02/02/2010 | 465.3            | 448.3                                  | 3.6        |
| 124  | 02/10/2008 | 443.2            | 447.3                                  | -0.9       |
| 125  | 02/06/2008 | 463.2            | 474.3                                  | -2.4       |
| 126  | 18/04/2003 | 443.8            | 491.1                                  | -10.6      |
| 127  | 20/04/2003 | 450.0            | 492.4                                  | -9.4       |
| 128  | 24/04/2004 | 452.9            | 495.3                                  | -9.4       |
| 129  | 04/07/2007 | 471.9            | 508.6                                  | -7.8       |
| 130  | 17/04/2004 | 468.9            | 508.5                                  | -8.5       |
| 131  | 22/04/2004 | 465.4            | 507.8                                  | -9.1       |
| 132  | 02/01/2010 | 402.8            | 418.3                                  | -3.9       |
| 133  | 23/02/2010 | 400.2            | 420.1                                  | -5.0       |
| 134  | 17/04/2010 | 490.5            | 485.2                                  | 1.1        |
| 135  | 18/02/2005 | 424.7            | 450.5                                  | 8.0        |
| 136  | 10/01/2009 | 460.4            | 451.3                                  | 2.0        |
| 137  | 13/01/2009 | 456.1            | 450.1                                  | 1.3        |
| 138  | 17/01/2009 | 462.3            | 452.3                                  | 2.2        |
| 139  | 26/03/2009 | 527.7            | 549.2                                  | -4.1       |
| 140  | 26/02/2006 | 499.5            | 510.3                                  | -2.2       |
| 141  | 07/12/2013 | 516.8            | 528.8                                  | -2.3       |
| 142  | 11/12/2013 | 519.8            | 531.4                                  | -2.2       |
| 143  | 11/01/2014 | 539.9            | 540.0                                  | 0.0        |
| 144  | 12/02/2014 | 570.6            | 572.9                                  | -0.4       |
| 145  | 15/02/2006 | 509.9            | 530.5                                  | -4.0       |
| 146  | 17/02/2006 | 523.5            | 530.5                                  | -1.3       |
| 147  | 22/02/2006 | 520.1            | 530.2                                  | -1.9       |
| 148  | 02/07/2011 | 524.1            | 534.2                                  | -1.9       |
| 149  | 29/02/2004 | 520.2            | 508.0                                  | 2.3        |
| 150  | 19/01/2006 | 572.2            | 561.7                                  | 1.8        |
| 151  | 22/01/2006 | 573.5            | 562.4                                  | 1.9        |
| 152  | 14/01/2007 | 572.6            | 565.3                                  | 1.3        |
| 153  | 30/01/2007 | 574.6            | 568.2                                  | 1.1        |
| 154  | 01/08/2009 | 580.2            | 568.3                                  | 2.0        |
| 155  | 25/01/2008 | 575.3            | 568.4                                  | 1.2        |
| 156  | 02/01/2005 | 455.5            | 466.1                                  | -2.3       |
| 157  | 03/03/2007 | 541.9            | 533.3                                  | 1.6        |
| 158  | 01/03/2009 | 581.9            | 599.9                                  | -3.1       |
| 159  | 08/01/2013 | 572.0            | 585.0                                  | -2.3       |
| 160  | 14/01/2014 | 604.3            | 607.3                                  | -0.5       |

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 34: Caudales determinados y aforados CR N°03**

| Ítem | Fecha      | Q. Aforado (L/s) | Q. Determinado Mediante Ecuación (L/s) | % de Error |
|------|------------|------------------|--|------------|
| 161  | 24/03/2003 | 536.1            | 563.1                                  | -5.0       |
| 162  | 18/01/2007 | 558.1            | 557.5                                  | 0.1        |
| 163  | 24/01/2007 | 560.7            | 555.6                                  | 0.9        |
| 164  | 01/02/2007 | 558.1            | 550.1                                  | 1.4        |
| 165  | 26/10/2012 | 610.5            | 588.2                                  | 3.7        |
| 166  | 29/10/2012 | 608.7            | 586.9                                  | 3.6        |
| 167  | 05/11/2012 | 578.5            | 582.5                                  | -0.7       |
| 168  | 06/11/2012 | 579.0            | 581.8                                  | -0.5       |
| 169  | 13/11/2012 | 540.3            | 576.4                                  | -6.7       |
| 170  | 14/11/2012 | 561.2            | 575.7                                  | -2.6       |
| 171  | 19/11/2012 | 537.2            | 571.7                                  | -6.4       |
| 172  | 01/09/2010 | 588.8            | 589.4                                  | -0.1       |
| 173  | 02/09/2007 | 556.9            | 550.2                                  | 1.2        |
| 174  | 02/09/2011 | 560.7            | 548.1                                  | 2.2        |
| 175  | 19/02/2009 | 546.3            | 543.7                                  | 0.5        |
| 176  | 26/02/2007 | 564.1            | 570.4                                  | -1.1       |
| 177  | 17/01/2009 | 612.1            | 612.9                                  | -0.1       |
| 178  | 18/01/2009 | 614.9            | 612.4                                  | 0.4        |
| 179  | 27/01/2009 | 605.6            | 607.9                                  | -0.4       |
| 180  | 28/01/2009 | 618.7            | 607.3                                  | 1.9        |
| 181  | 19/01/2012 | 509.4            | 515.0                                  | -1.1       |
| 182  | 02/08/2006 | 598.0            | 589.6                                  | 1.4        |
| 183  | 19/02/2008 | 588.5            | 584.5                                  | 0.7        |
| 184  | 26/02/2008 | 586.2            | 580.5                                  | 1.0        |
| 185  | 03/04/2010 | 615.5            | 615.2                                  | 0.1        |
| 186  | 17/03/2004 | 599.8            | 612.1                                  | -2.0       |
| 187  | 27/02/2007 | 639.1            | 636.1                                  | 0.5        |
| 188  | 01/12/2012 | 556.1            | 519.7                                  | 6.5        |
| 189  | 31/01/2012 | 518.8            | 514.6                                  | 0.8        |
| 190  | 02/05/2009 | 617.9            | 606.5                                  | 1.8        |
| 191  | 22/02/2005 | 606.5            | 606.5                                  | 0.0        |
| 192  | 01/10/2013 | 648.5            | 643.1                                  | 0.8        |
| 193  | 28/03/2011 | 700.2            | 715.0                                  | -2.1       |
| 194  | 27/02/2006 | 636.4            | 642.3                                  | -0.9       |
| 195  | 03/03/2005 | 636.7            | 666.9                                  | -4.8       |
| 196  | 18/05/2012 | 788.4            | 804.0                                  | -2.0       |
| 197  | 21/05/2012 | 794.2            | 802.7                                  | -1.1       |
| 198  | 03/02/2014 | 715.3            | 746.6                                  | -4.4       |
| 199  | 06/02/2014 | 702.5            | 743.3                                  | -5.8       |
| 200  | 17/01/2005 | 706.0            | 712.3                                  | -0.9       |

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 35: Caudales determinados y aforados CR N°03**

| Ítem | Fecha      | Q. Aforado (L/s) | Q. Determinado Mediante Ecuación (L/s) | % de Error |
|------|------------|------------------|--|------------|
| 201  | 16/01/2010 | 709.9            | 693.0                                  | 2.4        |
| 202  | 22/01/2010 | 691.9            | 684.5                                  | 1.1        |
| 203  | 02/07/2012 | 680.5            | 690.4                                  | -1.5       |
| 204  | 10/04/2007 | 720.6            | 738.1                                  | -2.4       |
| 205  | 24/03/2009 | 747.0            | 754.3                                  | -1.0       |
| 206  | 01/01/2011 | 733.6            | 717.5                                  | 2.2        |
| 207  | 03/03/2009 | 734.6            | 764.0                                  | -4.0       |
| 208  | 03/01/2004 | 756.1            | 766.2                                  | -1.3       |
| 209  | 10/07/2012 | 948.0            | 893.3                                  | 5.8        |
| 210  | 16/07/2012 | 937.9            | 881.1                                  | 6.1        |
| 211  | 23/07/2012 | 934.2            | 865.8                                  | 7.3        |
| 212  | 01/04/2010 | 763.0            | 770.0                                  | -0.9       |
| 213  | 20/01/2004 | 794.0            | 806.2                                  | -1.5       |
| 214  | 21/01/2004 | 801.0            | 808.9                                  | -1.0       |
| 215  | 01/02/2005 | 819.0            | 820.9                                  | -0.2       |
| 216  | 01/05/2008 | 805.0            | 806.0                                  | -0.1       |
| 217  | 01/05/2010 | 802.0            | 804.6                                  | -0.3       |
| 218  | 01/07/2011 | 765.2            | 751.5                                  | 1.8        |
| 219  | 27/01/2011 | 733.3            | 706.6                                  | 3.6        |
| 220  | 02/05/2003 | 788.0            | 781.2                                  | 0.9        |
| 221  | 03/02/2001 | 756.9            | 751.1                                  | 0.8        |
| 222  | 02/04/2012 | 909.4            | 928.3                                  | -2.1       |
| 223  | 16/04/2012 | 950.2            | 964.6                                  | -1.5       |
| 224  | 22/04/2012 | 960.0            | 976.3                                  | -1.7       |
| 225  | 23/04/2012 | 965.3            | 977.9                                  | -1.3       |
| 226  | 26/04/2012 | 973.1            | 988.4                                  | -1.6       |
| 227  | 29/04/2012 | 983.9            | 990.3                                  | -0.7       |
| 228  | 03/05/2012 | 982.4            | 990.9                                  | -0.9       |
| 229  | 18/02/2007 | 791.1            | 794.9                                  | -0.5       |
| 230  | 17/03/2009 | 900.0            | 908.1                                  | -0.9       |
| 231  | 04/06/2013 | 1014.7           | 1046.9                                 | -3.2       |
| 232  | 18/06/2012 | 1027.6           | 1045.0                                 | -1.7       |
| 233  | 25/06/2012 | 1030.6           | 1031.0                                 | 0.0        |
| 234  | 26/03/2007 | 996.7            | 1025.8                                 | -2.9       |
| 235  | 28/03/2007 | 1005.6           | 1026.8                                 | -2.1       |
| 236  | 03/04/2007 | 1003.7           | 1036.1                                 | -3.2       |
| 237  | 11/05/2012 | 1223.2           | 1235.0                                 | -1.0       |
| 238  | 14/05/2012 | 1206.5           | 1228.3                                 | -1.8       |
| 239  | 02/03/2007 | 1252.0           | 1097.4                                 | 12.3       |
| 240  | 17/01/2008 | 1033.9           | 1060.7                                 | -2.6       |

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 36: Caudales determinados y aforados CR N°03**

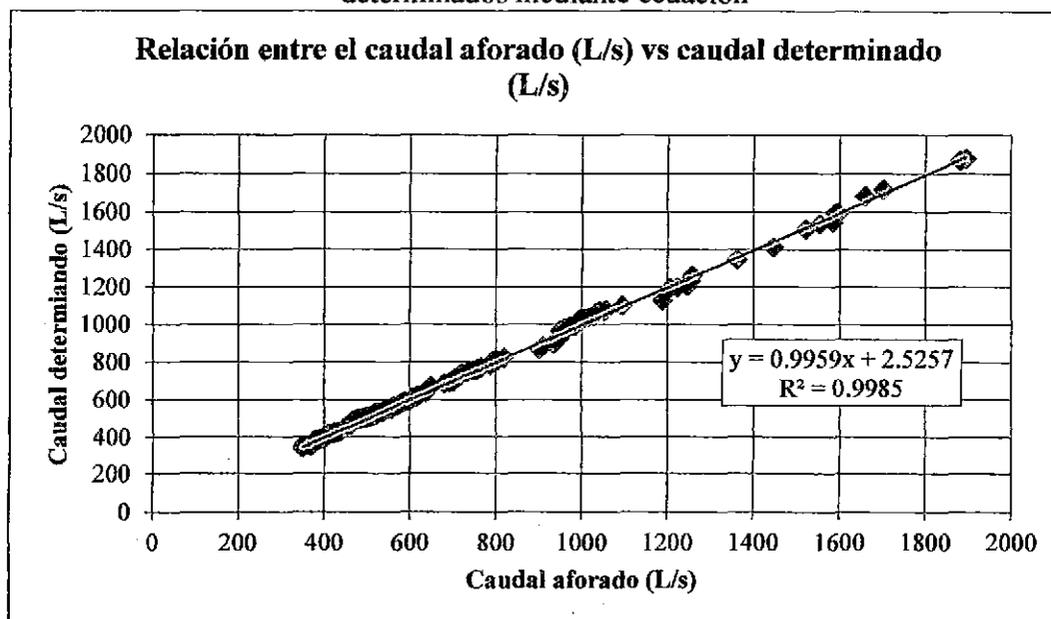
| Ítem | Fecha      | Q. Aforado (L/s) | Q. Determinado Mediante Ecuación (L/s) | % de Error |
|------|------------|------------------|--|------------|
| 241  | 29/01/2003 | 1095.0           | 1127.9                                 | -3.0       |
| 242  | 01/04/2004 | 1057.0           | 1069.8                                 | -1.2       |
| 243  | 01/05/2008 | 1042.0           | 1070.8                                 | -2.8       |
| 244  | 01/04/2005 | 1053.0           | 1076.3                                 | -2.2       |
| 245  | 01/04/2012 | 1188.0           | 1194.3                                 | -0.5       |
| 246  | 27/01/2004 | 1251.0           | 1261.3                                 | -0.8       |
| 247  | 18/02/2004 | 1257.2           | 1203.7                                 | 4.3        |
| 248  | 20/02/2004 | 1246.0           | 1197.9                                 | 3.9        |
| 249  | 02/04/2012 | 1445.0           | 1344.6                                 | 6.9        |
| 250  | 03/03/2009 | 1520.4           | 1543.4                                 | -1.5       |
| 251  | 28/01/2003 | 1361.0           | 1410.2                                 | -3.6       |
| 252  | 02/04/2003 | 1597.0           | 1507.2                                 | 5.6        |
| 253  | 04/03/2009 | 1879.8           | 1867.9                                 | 0.6        |
| 254  | 05/03/2009 | 1894.2           | 1878.6                                 | 0.8        |
| 255  | 27/01/2007 | 1552.0           | 1594.1                                 | -2.7       |
| 256  | 15/01/2008 | 1583.0           | 1536.0                                 | 3.0        |
| 257  | 18/01/2009 | 1590.0           | 1595.8                                 | -0.4       |
| 258  | 02/04/2005 | 1701.0           | 1717.2                                 | -1.0       |
| 259  | 15/01/2003 | 1659.0           | 1683.4                                 | -1.5       |

Fuente: Elaboración Propia.

En la **tabla N°30 al N°36**, se muestra, de caudales calculados mediante ecuación y caudales determinados mediante aforos. Asimismo al realizar una comparación entre ambos caudales, se obtuvo un rango de errores que oscila de 0.1 por ciento a 9.0 por ciento.

Este último pertenece al 10 por ciento de apertura de la compuerta de regulación. Cabe resaltar que la compuerta de regulación N°03, presenta un mejor ajuste en comparación con la compuerta N°01 y N°02 básicamente se le atribuye este ajuste a la mayor cantidad de datos existentes.

**Figura N° 94: Relación de caudales aforados y caudales determinados mediante ecuación**



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura N°94, se muestra la relación que existe entre los caudales aforados y determinados mediante ecuación, teóricamente esta grafica debe ser una línea recta.

Se observa que la relación entre ambos caudales es buena ( $R^2=0.998$ ). Por lo tanto hay confiabilidad en los resultados obtenidos.

#### 4.2.6 Variación de caudales

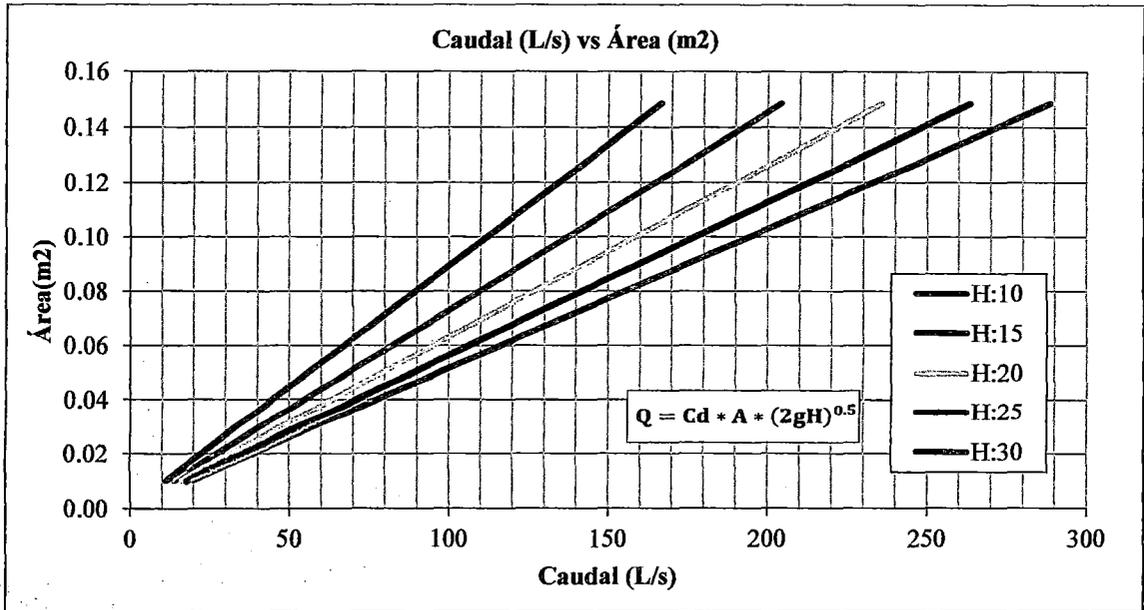
En esta parte del capítulo se presenta gráficamente, la variación de los caudales manteniendo constante una de las variables que conforman la ecuación general de orificios.

##### a. Área(m<sup>2</sup>) variable y carga Hidráulica (m) constante

La ecuación que se utiliza para graficar la familia de curvas es la ecuación general de orificio el cual se representa en la ecuación 2.13.3.

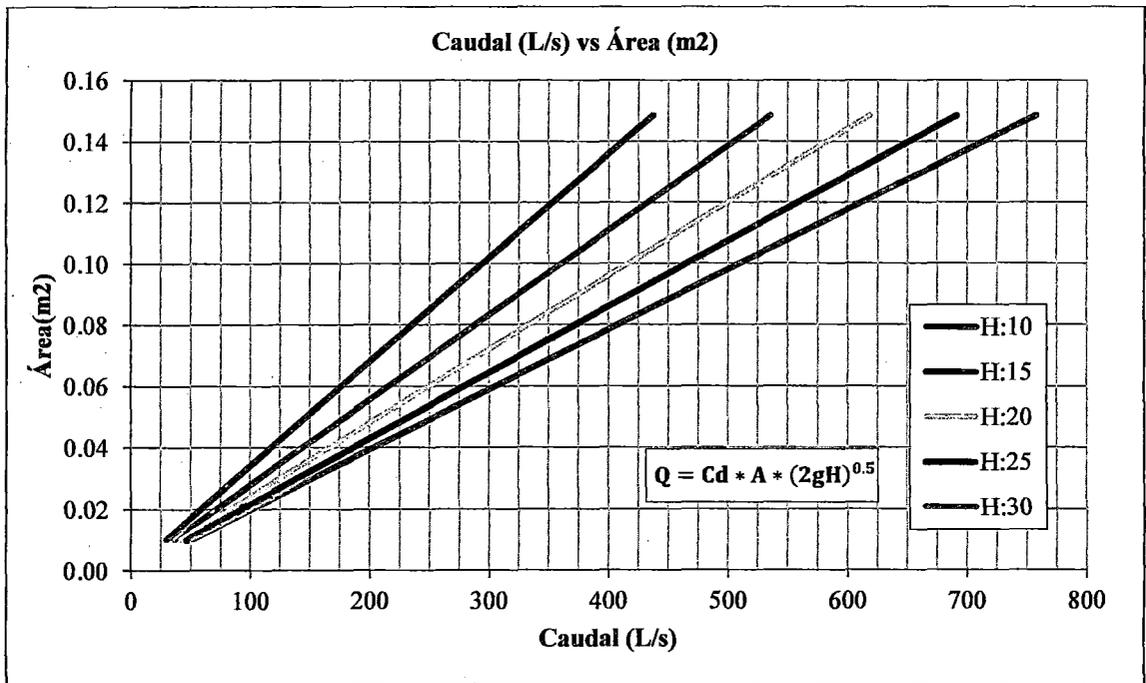
En las figuras del N°95 al N°100, se presenta la variación de caudales manteniendo el área variable y la carga hidráulica constante, para los porcentajes de apertura de 10.0%, 20.0%, 30.0%, 40.0%, 50.0%, 60.0%, los valores de las gráficas se presentan en el anexo C2.

**Figura N° 95:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.08, área variable y carga hidráulica (H) constante, CR N°03



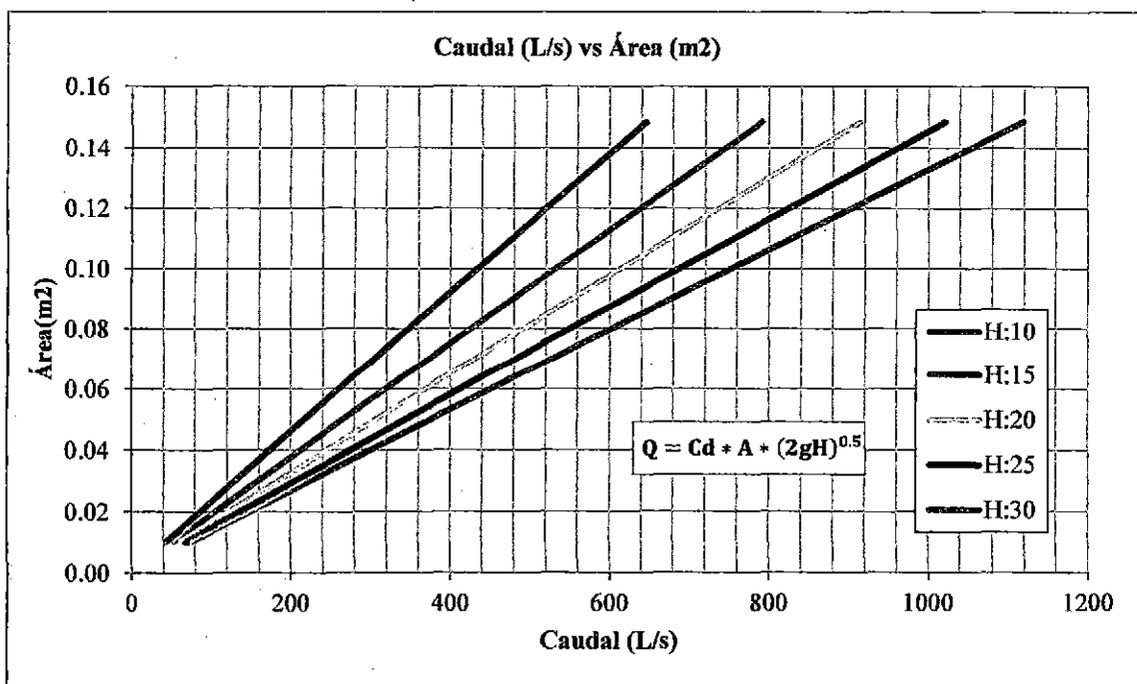
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 96:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.21, área variable y Carga Hidráulica (H) constante, CR N°03



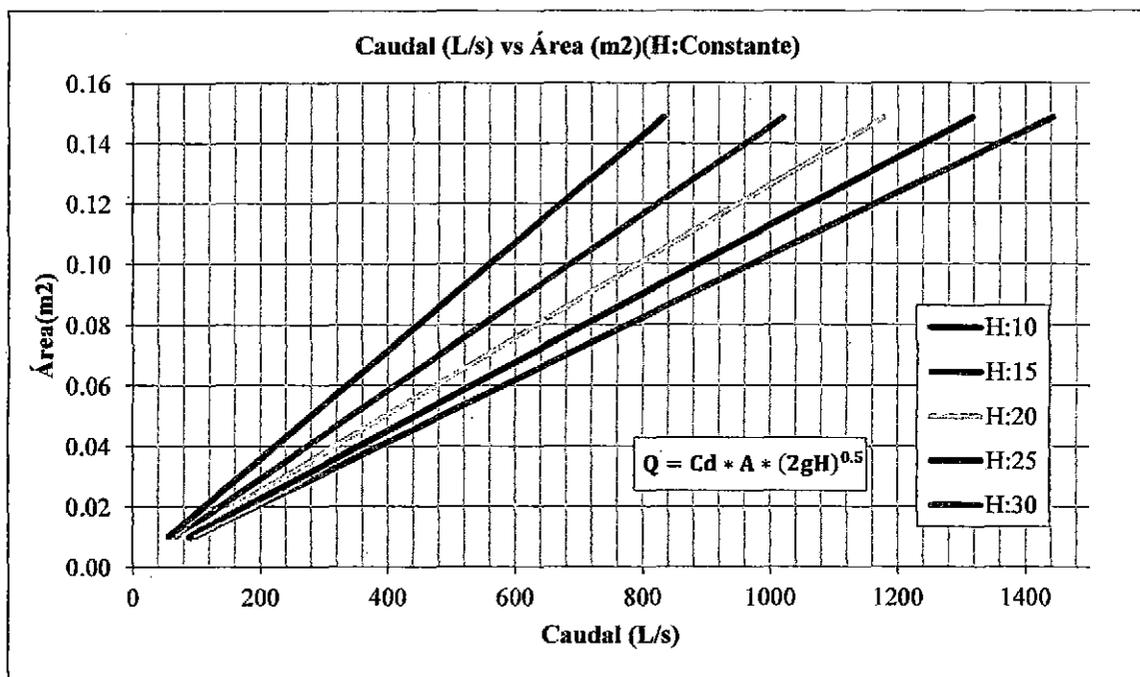
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 97:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.31, área variable y Carga Hidráulica (H) constante, CR N°03



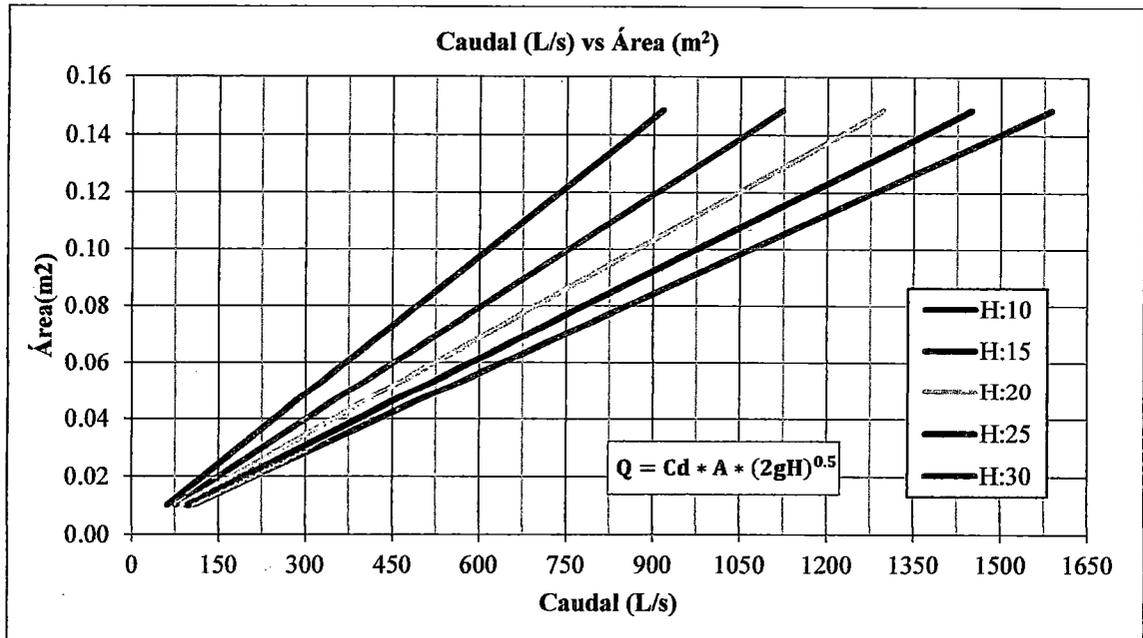
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 98:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.40 y Carga Hidráulica (H) constante, CR N°03



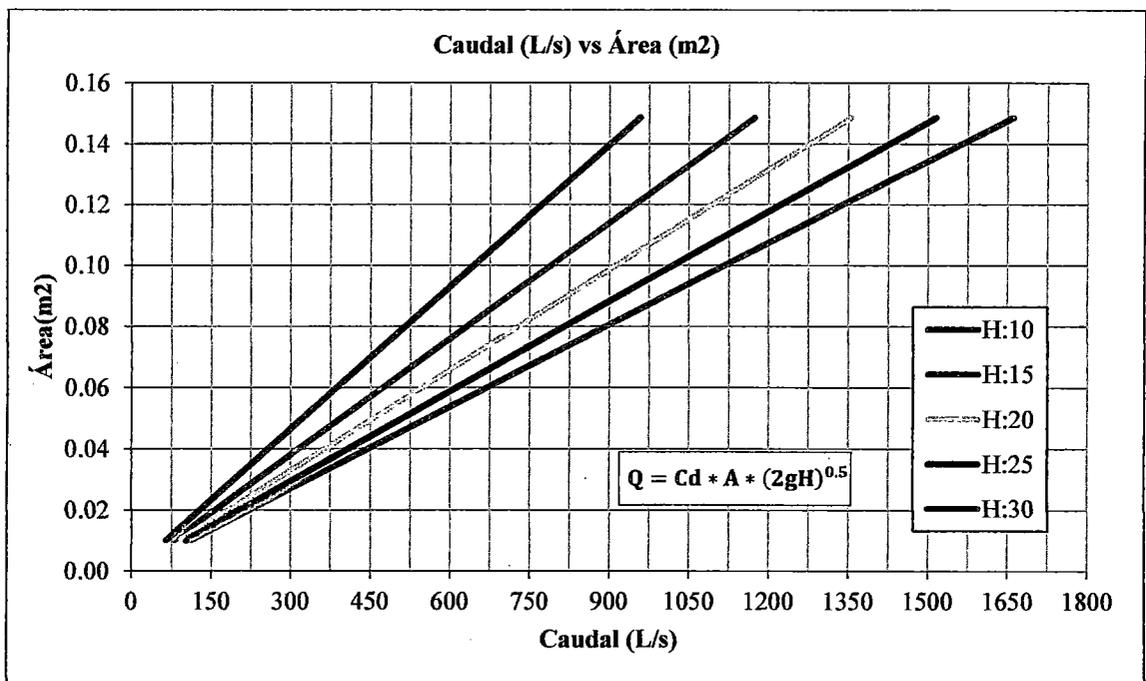
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 99:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.44, área variable y Carga Hidráulica (H) constante, CR N°03



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 100:** Relación Caudal (L/s) vs Área (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.46, área variable y Carga Hidráulica (H) constante, compuerta de regulación N°03



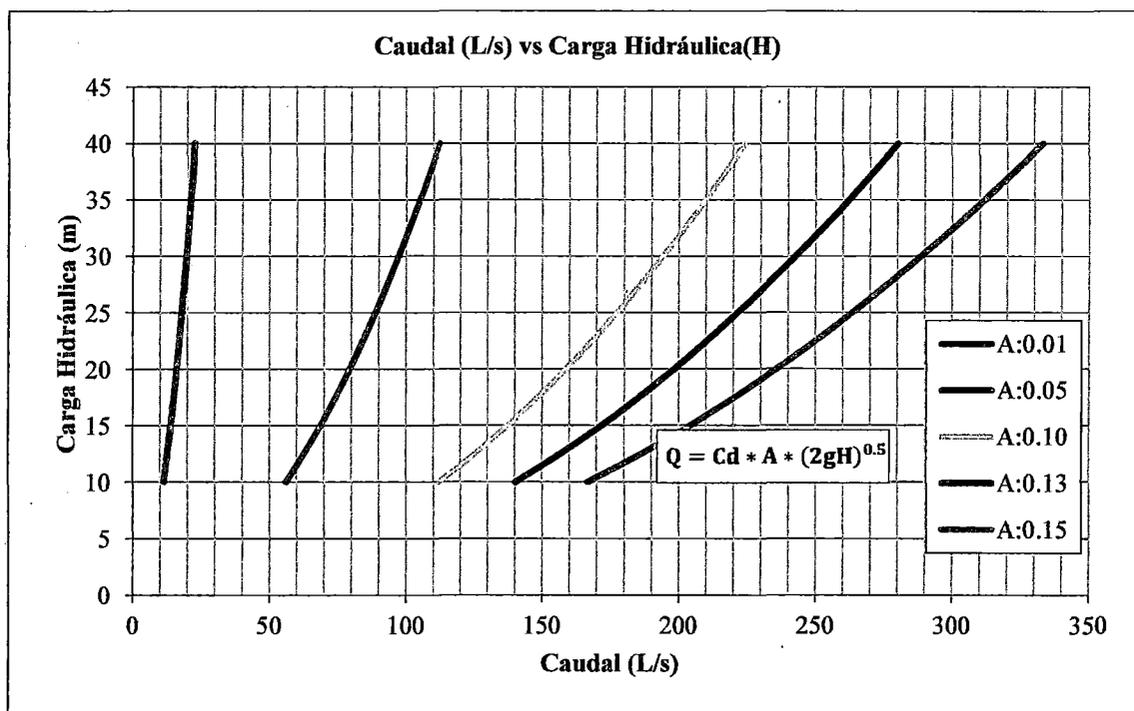
Fuente: Elaboración Propia.

## b. Carga hidráulica variable (m) y Área (m<sup>2</sup>) constante

La ecuación que se utiliza para graficar la familia de curvas es la ecuación general de orificio el cual se presenta en la ecuación 2.13.3.

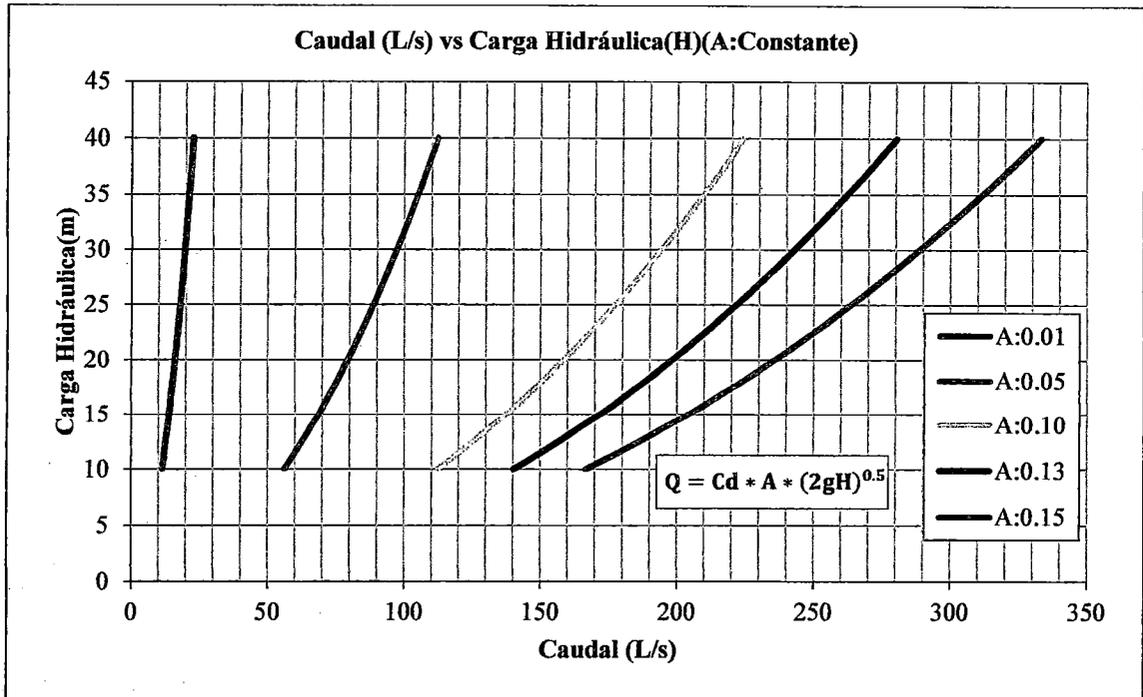
En las figuras del N°101 al N°106, se presenta la variación de caudales manteniendo la carga hidráulica variable y el área constante, para los porcentajes de apertura de 10.0%, 20.0%, 30.0%, 40.0%, 50.0%, 60.0%, los valores de las gráficas se presentan en el anexo D2.

**Figura N° 101:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=0.08$  y área (m<sup>2</sup>) constante, CR N°03



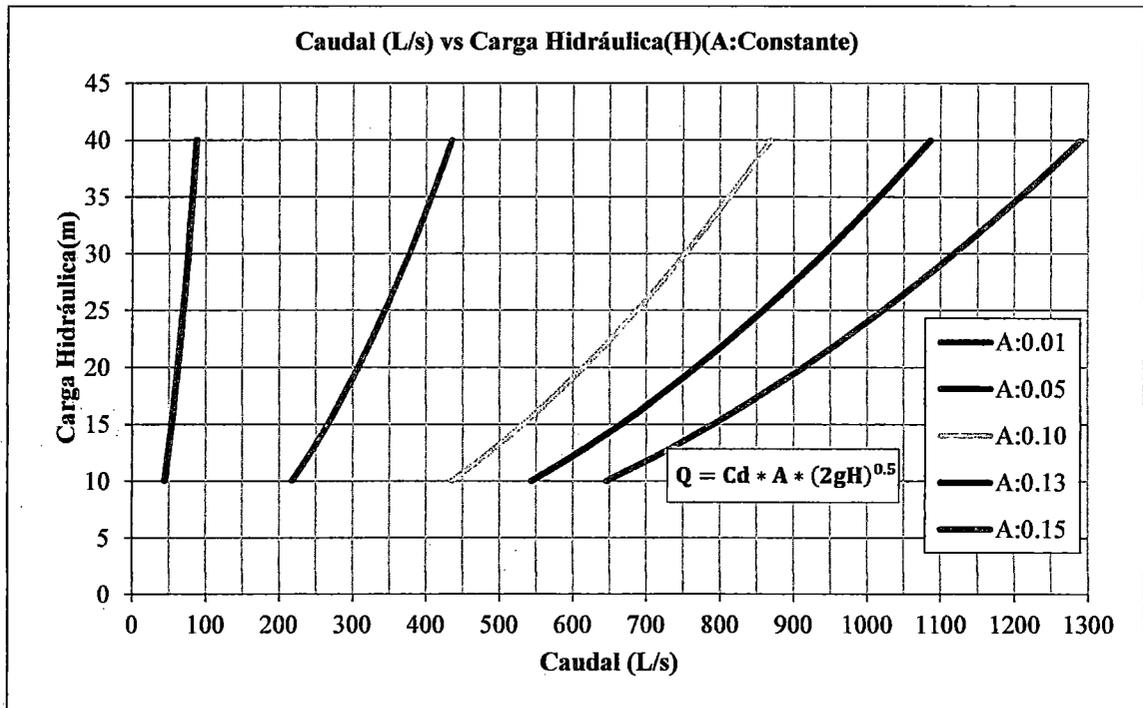
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 102:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.21 y área (m<sup>2</sup>) constante, CR N°03



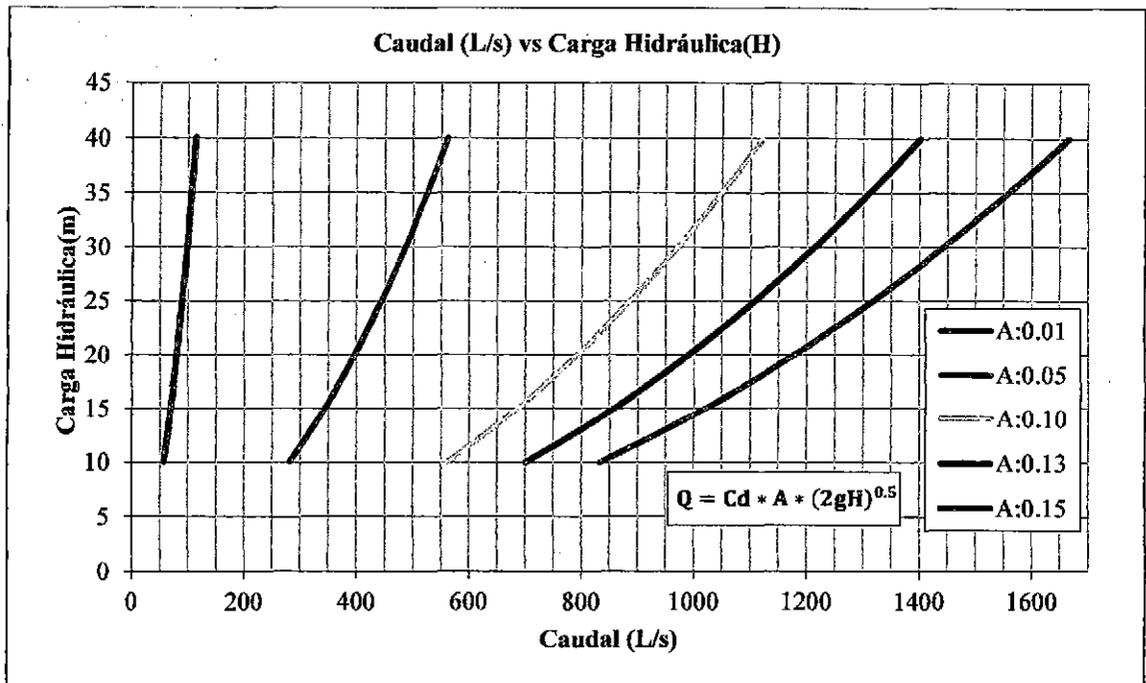
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 103:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.31 y área (m<sup>2</sup>) constante, CR N°03



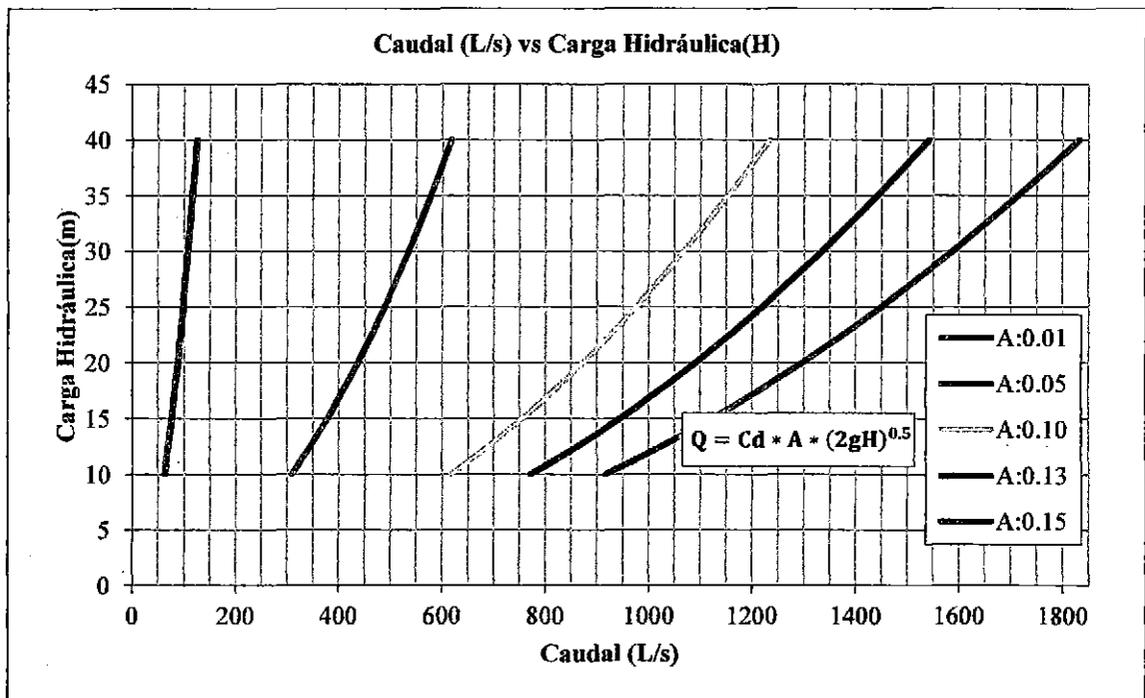
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 104:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=0.40$  y área ( $m^2$ ) constante, CR N°03



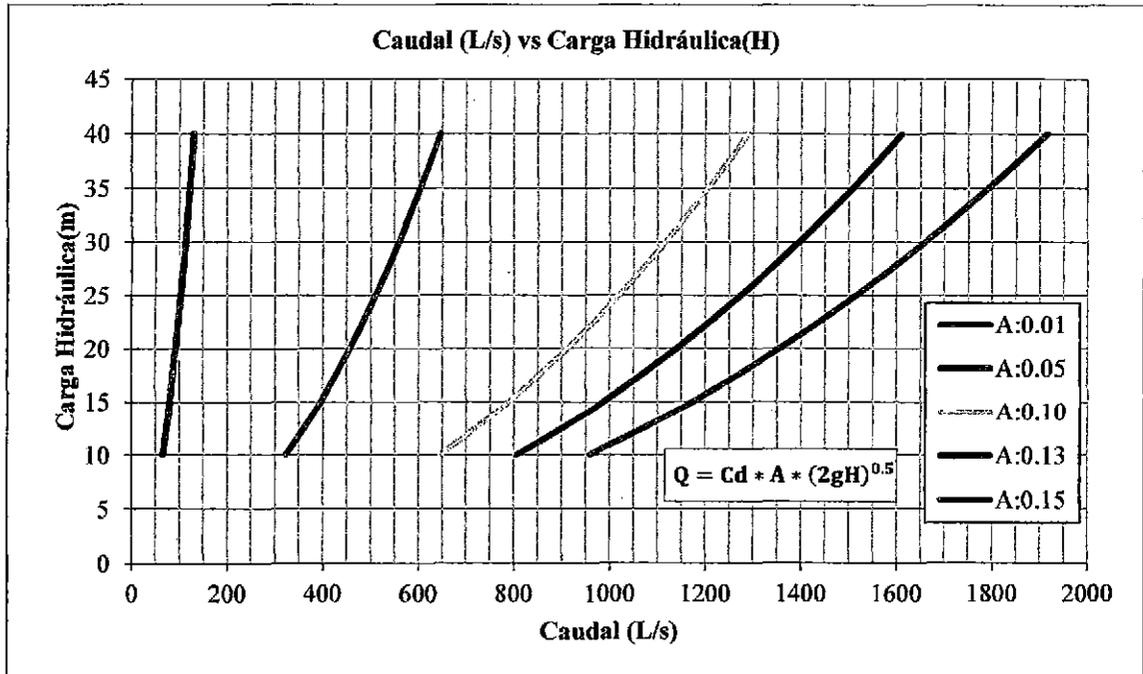
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 105:** Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m), para un  $C_d=0.44$  y área ( $m^2$ ) constante, CR N°03



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N° 106: Relación Caudal (L/s) vs Carga Hidráulica (m<sup>2</sup>), para un Cd=0.46 y área (m<sup>2</sup>) constante, CR N°03**



Fuente: Elaboración Propia.

## V. CONCLUSIONES

1. Para realizar la calibración de las compuertas de regulación N°01, N°02 y N°03 del Dique Torata, se tomó como referencia la curva, carga hidráulica (m) vs caudal (L/s), propuesta por el laboratorio de hidráulica de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional Autónoma de México.
2. La variación del coeficiente de descarga para la compuerta de regulación N°01 y N°02, se encuentra en el orden de 0.505 a 0.060 pertenecientes a los porcentajes de apertura de 80% y 10% respectivamente.
3. La diferencia entre el caudal aforado en la sección de control Salida de Túnel y el caudal determinado mediante ecuación, presentan diferencias del orden de 1% a 13.9%, para la compuerta de regulación N°01 y N°02.
4. La relación entre el caudal aforado en la sección de control Salida de Túnel, y el caudal determinado mediante ecuación presenta un coeficiente de relación de  $R^2=0.9892$ , para la compuerta de regulación N°01 y N°02.
5. La variación del coeficiente de descarga para la compuerta de regulación N°03, se encuentra en el orden de 0.472 a 0.073 pertenecientes a los porcentajes de apertura de 60% y 10% respectivamente.
6. La diferencia entre el caudal aforado en la sección de control Salida de Túnel y el caudal determinado mediante ecuación, presentan diferencias del orden de 1% a 4.14%, para la compuerta de regulación N°03.
7. La relación entre el caudal aforado en la sección de control Salida de Túnel, y el caudal determinado mediante ecuación presenta un coeficiente de relación de  $R^2=0.9985$ , para la compuerta de regulación N°03.
8. Al incrementar la carga hidráulica, manteniendo constante el área. El coeficiente de descarga varía de 0.38 a 0.40 para 40%Ap para la CR N°03.

## VI. RECOMENDACIONES

- Cuando se quiere descargar flujos mayor a un  $1\text{m}^3/\text{s}$ , es recomendable aperturar la compuerta de mayor tamaño es decir la compuerta N°01 y N°02 para evitar erosión en las estructuras o en su defecto una combinación entre todas las compuertas.
- Al realizar el aforo en la sección de control salida de Túnel, es preferible que exista un personal capacitado encargado que guie al aforador para obtener resultados más confiables.
- En el anexo F, se muestra un método distinto para la obtención del coeficiente de descarga. Para aplicar este método es necesario contar con una buena base de datos. Por el cual desde el punto de vista del autor de la tesis, recomiendo utilizar el método descrito en la presente tesis, ya que al utilizar la Software Matlab le da un mejor ajuste a los resultados.
- Se recomienda seguir realizando aforos en la sección de control Salida de Túnel, para obtener una mayor base de datos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUTORIDAD LOCAL DEL AGUA MOQUEGUA./2013./diagnostico en zonas en riesgo de inundación – Moquegua./Moquegua-Perú./Autoridad Nacional del Agua./100p.
2. EUGENIA, M. GONZALES, D. MATAMOROS, L. ORONEL, L./2005./fenómenos del transporte I./ ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento./Sartenejas – Bolivia, / Universidad Simón Bolívar./18p.
3. ESTREETER. V./2005./mecánica de los fluidos./profesor of hydraulics University Michigan./Michigan E.E.U.U./747p.
4. DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES MINEROS./2012./Evaluación de la actualización del plan de cierre de Minas de la Unidad Minera Cujone de Southern Perú Copper Corporation Sucursal del Perú./Ministerio de Energía y Minas./14-20P.
5. HERNANDEZ, N. ARANDA, L./guía de laboratorio de hidráulica I./ingenieros./Nicaragua./Universidad Nacional de Ingeniería Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios./90p.
6. MICHELENA & ASOCIADOS, R./ 1971./estudio de reconocimiento de presas y embalses del sistema de Moquegua./corporación de rehabilitación y desarrollo económico del departamento de Moquegua./ Lima – Perú./Autoridad Nacional del Agua./138p.
7. NUÑEZ, L./2008./calibración de un orificio de descargue libre./ing./Nueva Granada – Bogotá./Universidad Militar Nueva Granada./49p.
8. PROGRAMA SUB SECTORIAL DE IRRIGACION./ 2004/ programa de entrenamiento en servicio – PES./ Lima – Perú./ Ministerio de Agricultura./126p.
9. SOTELO. G./2007./hidráulica general./fundamentos./profesor titulado de la Universidad nacional Autónoma de Mexica./México./561p.
10. USAC./2007./calibración de los medidores de los flujos de agua (CMFA)./75p.

11. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO./2010./laboratorio de hidráulica./practica de orificios./México./15p.
12. WALSH PERU S.A./ 2008/ resumen ejecutivo unidad de producción Cuajone./ plan de cierre de minas de actividades minero metalúrgicos Southern Perú Copper Corporation./PERU./ 72P.
13. XENES/2005/ evolución del proceso de sedimentación después del proceso de dragado en la represa del Río Torata./ Perú./ 1-16p.

## **ANEXO A (Registro de aforos)**

**ANEXO A1 (Compuerta de regulación N°01 y N°02)**

**Tabla N° 37: Registro de aforos CR N°01 y N°02**

| Fecha      | Caudal Aforado (L/s) | Hélice Utilizada | % De Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Neta (m) |
|------------|----------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|
| 12/03/2011 | 1245.7               | Hélice N° 3      | 8.0%          | 3497.83        | 41.33          |
| 01/24/2003 | 1329.0               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3485.59        | 29.09          |
| 13/03/2007 | 1372.6               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3495.30        | 38.80          |
| 16/03/2007 | 1341.5               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3495.30        | 38.80          |
| 11/02/2006 | 916.0                | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3480.52        | 24.02          |
| 20/03/2002 | 1334.5               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3488.81        | 32.31          |
| 23/03/2007 | 1393.4               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3495.09        | 38.59          |
| 16/03/2009 | 1400.6               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3496.62        | 40.12          |
| 10/02/2011 | 1733.0               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3503.57        | 47.07          |
| 11/02/2011 | 1744.9               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3503.82        | 47.32          |
| 12/02/2011 | 1732.5               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3503.76        | 47.26          |
| 16/03/2012 | 1444.1               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3501.43        | 44.93          |
| 19/03/2012 | 1455.5               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3501.60        | 45.10          |
| 23/03/2012 | 1573.0               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3501.53        | 45.03          |
| 06/03/2011 | 1687.5               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3499.26        | 42.76          |
| 08/03/2011 | 1698.2               | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3498.66        | 42.16          |
| 20/03/2007 | 1102.8               | Hélice N° 3      | 12.0%         | 3496.05        | 39.55          |
| 22/03/2007 | 1004.7               | Hélice N° 3      | 12.0%         | 3495.45        | 38.95          |
| 23/03/2007 | 1806.8               | Hélice N° 3      | 12.0%         | 3495.09        | 38.59          |
| 14/03/2009 | 1842.5               | Hélice N° 3      | 12.0%         | 3497.27        | 40.77          |
| 23/01/2012 | 1800.7               | Hélice N° 3      | 16.0%         | 3498.92        | 42.40          |
| 30/01/2012 | 1837.9               | Hélice N° 3      | 16.0%         | 3502.15        | 45.65          |
| 08/03/2007 | 2264.0               | Hélice N° 3      | 14.0%         | 3497.06        | 40.56          |
| 01/24/2003 | 2516.2               | Hélice N° 3      | 15.0%         | 3488.85        | 32.35          |
| 15/02/2002 | 2526.0               | Hélice N° 3      | 15.0%         | 3488.70        | 32.20          |
| 19/02/2002 | 2446.0               | Hélice N° 3      | 15.0%         | 3488.03        | 31.53          |
| 06/03/2009 | 2500.0               | Hélice N° 3      | 15.0%         | 3500.89        | 44.39          |
| 05/03/2012 | 2460.0               | Hélice N° 3      | 15.0%         | 3500.28        | 43.78          |
| 06/03/2012 | 2463.8               | Hélice N° 3      | 15.0%         | 3500.38        | 43.88          |
| 12/03/2012 | 2704.9               | Hélice N° 3      | 15.0%         | 3501.91        | 45.41          |
| 13/03/2009 | 2720.5               | Hélice N° 3      | 16.5%         | 3497.62        | 41.12          |
| 01/23/2002 | 3028.0               | Hélice N° 3      | 20.0%         | 3485.07        | 28.57          |
| 28/04/2007 | 2351.0               | Hélice N° 3      | 20.0%         | 3477.84        | 21.34          |
| 02/03/2005 | 3294.5               | Hélice N° 3      | 20.0%         | 3490.91        | 34.41          |
| 02/03/2006 | 3256.0               | Hélice N° 3      | 20.0%         | 3490.26        | 33.76          |
| 14/03/2002 | 3306.4               | Hélice N° 3      | 20.0%         | 3490.24        | 33.74          |
| 03/03/2011 | 4339.4               | Hélice N° 3      | 21.0%         | 3501.21        | 44.71          |
| 16/01/2012 | 3451.5               | Hélice N° 3      | 21.0%         | 3500.41        | 43.91          |
| 07/03/2009 | 4000.0               | Hélice N° 3      | 22.0%         | 3501.21        | 44.71          |

Fuente: Southern Copper Corporation (Gerencia de recursos hídricos).

**Continuación: Registro de aforos CR N°01 y N°02**

| Fecha      | Caudal Aforado (L/s) | Hélice Utilizada | % De Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Neta (m) |
|------------|----------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|
| 01/03/2010 | 4001.0               | Hélice N° 3      | 30.0%         | 3479.04        | 22.54          |
| 01/03/2012 | 4014.0               | Hélice N° 3      | 30.0%         | 3480.33        | 23.83          |
| 25/02/2011 | 6266.9               | Hélice N° 3      | 30.0%         | 3508.70        | 52.20          |
| 28/02/2011 | 6167.3               | Hélice N° 3      | 30.0%         | 3505.50        | 49.00          |
| 01/14/2003 | 5533.0               | Hélice N° 3      | 40.0%         | 3485.63        | 29.13          |
| 01/04/2003 | 6915.0               | Hélice N° 3      | 50.0%         | 3486.85        | 30.35          |
| 05/03/2005 | 6878.0               | Hélice N° 3      | 50.0%         | 3486.42        | 29.92          |
| 01/21/2003 | 7153.0               | Hélice N° 3      | 60.0%         | 3486.64        | 30.14          |
| 07/03/2008 | 7152.0               | Hélice N° 3      | 60.0%         | 3486.27        | 29.77          |
| 01/03/2002 | 7282.0               | Hélice N° 3      | 70.0%         | 3486.72        | 30.22          |
| 01/03/2009 | 6478.0               | Hélice N° 3      | 70.0%         | 3478.34        | 21.84          |
| 01/18/2003 | 7753.0               | Hélice N° 3      | 70.0%         | 3490.04        | 33.54          |
| 01/03/2006 | 7857.0               | Hélice N° 3      | 80.0%         | 3484.14        | 27.64          |
| 01/03/2007 | 7742.0               | Hélice N° 3      | 80.0%         | 3482.32        | 25.82          |

Fuente: Southern Copper Corporation (Gerencia de recursos hídricos).

**ANEXO A2 (Compuerta de regulación N°03)**

**Tabla N° 38: Registro de aforos CR N°03**

| Fecha      | Caudal Aforado (L/s) | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga neta (m) |
|------------|----------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|
| 28/05/2012 | 373.90               | Hélice N°3       | 10.0%         | 3506.81        | 50.31          |
| 06/06/2012 | 406.30               | Hélice N°3       | 10.3%         | 3506.62        | 50.12          |
| 11/06/2012 | 402.10               | Hélice N°3       | 10.3%         | 3506.84        | 50.34          |
| 03/01/2011 | 381.60               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3487.74        | 31.24          |
| 10/01/2011 | 371.40               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3487.68        | 31.18          |
| 14/01/2011 | 369.40               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3488.28        | 31.78          |
| 17/01/2011 | 370.10               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3488.24        | 31.74          |
| 18/01/2011 | 371.10               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3488.21        | 31.71          |
| 21/01/2011 | 371.00               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3488.15        | 31.65          |
| 28/01/2011 | 372.10               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3491.24        | 34.74          |
| 01/02/2011 | 401.80               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.74        | 38.24          |
| 23/07/2011 | 396.65               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.87        | 38.37          |
| 25/07/2011 | 386.31               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.84        | 38.34          |
| 14/08/2011 | 384.27               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.32        | 37.82          |
| 15/08/2011 | 382.88               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.29        | 37.79          |
| 22/08/2011 | 375.52               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.10        | 37.60          |
| 29/08/2011 | 376.80               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3493.88        | 37.38          |
| 05/09/2011 | 377.76               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3493.66        | 37.16          |
| 12/09/2011 | 365.44               | Hélice N°3       | 11.5%         | 3493.40        | 36.90          |
| 20/03/2012 | 349.89               | Hélice N°3       | 11.8%         | 3486.00        | 29.50          |
| 29/03/2012 | 350.08               | Hélice N°3       | 11.8%         | 3486.72        | 30.22          |
| 25/02/2005 | 446.00               | Hélice N°3       | 12.0%         | 3496.61        | 40.11          |
| 07/03/2005 | 585.35               | Hélice N°3       | 12.0%         | 3490.80        | 34.30          |
| 03/03/2008 | 407.41               | Hélice N°3       | 12.0%         | 3494.17        | 37.67          |
| 27/03/2008 | 430.03               | Hélice N°3       | 12.0%         | 3496.11        | 39.61          |
| 26/09/2011 | 420.25               | Hélice N°3       | 12.0%         | 3492.77        | 36.27          |
| 18/03/2012 | 367.22               | Hélice N°3       | 12.2%         | 3486.00        | 29.50          |
| 03/01/2007 | 404.75               | Hélice N°3       | 12.4%         | 3485.85        | 29.35          |
| 05/07/2005 | 405.60               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3491.78        | 35.28          |
| 24/08/2005 | 419.51               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3490.58        | 34.08          |
| 24/05/2008 | 452.85               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3494.87        | 38.37          |
| 07/06/2008 | 440.27               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3494.39        | 37.89          |
| 14/06/2008 | 448.84               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3494.19        | 37.69          |
| 23/06/2008 | 446.07               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3493.97        | 37.47          |
| 05/07/2008 | 447.18               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3493.59        | 37.09          |
| 14/07/2008 | 440.36               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3493.35        | 36.85          |
| 19/07/2008 | 438.83               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3493.20        | 36.70          |
| 26/07/2008 | 440.46               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3492.95        | 36.45          |
| 02/08/2008 | 449.55               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3492.73        | 36.23          |
| 09/08/2008 | 449.58               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3492.62        | 36.12          |
| 16/08/2008 | 443.31               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3492.41        | 35.91          |
| 23/08/2008 | 446.65               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3492.19        | 35.69          |
| 30/08/2008 | 443.89               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3491.88        | 35.38          |
| 13/09/2008 | 435.29               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3491.26        | 34.76          |
| 10/10/2011 | 442.94               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3491.94        | 35.44          |

Fuente: Southern Copper Corporation (Gerencia de recursos hídricos).

**Continuación: Registro de aforos CR N°03**

| Fecha      | Caudal Aforado (L/s) | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Neta (m) |
|------------|----------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|
| 17/10/2011 | 435.50               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3491.50        | 35.00          |
| 07/05/2013 | 491.20               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3502.67        | 46.17          |
| 12/06/2013 | 497.10               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3503.57        | 47.07          |
| 20/06/2013 | 493.30               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3503.69        | 47.19          |
| 24/06/2013 | 504.60               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3503.69        | 47.19          |
| 12/07/2013 | 506.30               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3503.57        | 47.07          |
| 19/08/2013 | 495.70               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3502.80        | 46.30          |
| 15/03/2014 | 446.50               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3495.86        | 39.36          |
| 19/03/2014 | 465.05               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3496.02        | 39.52          |
| 23/03/2014 | 455.50               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3495.99        | 39.49          |
| 31/03/2014 | 447.40               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3495.70        | 39.20          |
| 07/04/2014 | 452.30               | Hélice N°3       | 12.5%         | 3495.76        | 39.26          |
| 02/11/2008 | 429.19               | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3485.92        | 29.42          |
| 02/11/2013 | 434.52               | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3485.88        | 29.38          |
| 03/11/2011 | 387.70               | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3486.75        | 30.25          |
| 03/11/2009 | 408.16               | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3486.66        | 30.16          |
| 03/11/2007 | 389.21               | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3486.44        | 29.94          |
| 03/12/2003 | 385.97               | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3486.27        | 29.77          |
| 01/02/2008 | 451.63               | Hélice N° 1      | 12.8%         | 3492.67        | 36.17          |
| 02/05/2008 | 433.90               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3491.29        | 34.79          |
| 03/05/2013 | 454.94               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3491.24        | 34.74          |
| 21/03/2005 | 463.31               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3491.40        | 34.90          |
| 03/07/2011 | 449.52               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3490.73        | 34.23          |
| 22/03/2007 | 446.77               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3490.66        | 34.16          |
| 03/08/2006 | 444.98               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3490.53        | 34.03          |
| 09/02/2007 | 435.38               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3489.51        | 33.01          |
| 13/02/2007 | 452.16               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3491.14        | 34.64          |
| 17/02/2007 | 464.33               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3492.22        | 35.72          |
| 20/02/2007 | 465.31               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3492.45        | 35.95          |
| 23/02/2007 | 464.65               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3492.74        | 36.24          |
| 27/01/2009 | 410.76               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3483.75        | 27.25          |
| 30/01/2009 | 391.03               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3484.07        | 27.57          |
| 10/02/2009 | 410.90               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3486.65        | 30.15          |
| 12/02/2009 | 424.14               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3487.28        | 30.78          |
| 17/02/2009 | 446.87               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3490.57        | 34.07          |
| 21/02/2009 | 435.72               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3491.75        | 35.25          |
| 23/02/2009 | 449.47               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3492.39        | 35.89          |
| 26/02/2009 | 470.83               | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3495.16        | 38.66          |
| 02/10/2012 | 450.89               | Hélice N° 1      | 13.1%         | 3486.19        | 29.69          |
| 02/10/2029 | 447.58               | Hélice N° 1      | 13.1%         | 3486.06        | 29.56          |
| 02/11/2002 | 447.00               | Hélice N° 1      | 13.1%         | 3486.00        | 29.50          |
| 02/11/2006 | 423.95               | Hélice N° 1      | 13.1%         | 3485.94        | 29.44          |

Fuente: Southern Copper Corporation (Gerencia de recursos hídricos).

**Continuación: Registro de aforos CR N°03**

| Fecha      | Caudal Aforado (L/s) | Hélice utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) |
|------------|----------------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|
| 28/07/2012 | 511.90               | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3498.56        | 42.06                |
| 06/08/2012 | 518.10               | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3498.37        | 41.87                |
| 13/08/2012 | 514.40               | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3498.11        | 41.61                |
| 21/08/2012 | 510.40               | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3497.83        | 41.33                |
| 29/08/2012 | 507.40               | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3497.58        | 41.08                |
| 10/09/2012 | 509.50               | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3497.06        | 40.56                |
| 24/09/2012 | 509.70               | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3496.43        | 39.93                |
| 02/10/2012 | 509.90               | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3496.11        | 39.61                |
| 15/10/2012 | 509.30               | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3495.37        | 38.87                |
| 04/01/2005 | 404.92               | Hélice N° 1      | 13.3%         | 3487.59        | 31.09                |
| 21/03/2003 | 442.50               | Hélice N° 1      | 13.4%         | 3489.48        | 32.98                |
| 03/08/2009 | 462.82               | Hélice N° 1      | 13.4%         | 3490.49        | 33.99                |
| 03/08/2013 | 460.76               | Hélice N° 1      | 13.4%         | 3490.40        | 33.90                |
| 03/09/2004 | 456.14               | Hélice N° 1      | 13.4%         | 3489.70        | 33.20                |
| 03/09/2026 | 458.13               | Hélice N° 1      | 13.4%         | 3488.93        | 32.43                |
| 03/10/2010 | 452.76               | Hélice N° 2      | 13.4%         | 3488.29        | 31.79                |
| 12/04/2007 | 484.54               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3494.61        | 38.11                |
| 16/04/2007 | 504.35               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3494.64        | 38.14                |
| 20/04/2007 | 507.45               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3494.61        | 38.11                |
| 24/04/2007 | 506.61               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3494.51        | 38.01                |
| 12/07/2007 | 473.38               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3492.35        | 35.85                |
| 24/07/2007 | 478.89               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3491.99        | 35.49                |
| 21/08/2007 | 473.64               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3491.33        | 34.83                |
| 28/08/2007 | 466.52               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3491.04        | 34.54                |
| 11/09/2007 | 464.67               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3490.35        | 33.85                |
| 27/04/2011 | 504.80               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3498.05        | 41.55                |
| 05/12/2011 | 457.90               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3487.90        | 31.40                |
| 19/12/2011 | 430.40               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3486.75        | 30.25                |
| 16/02/2014 | 502.30               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3496.88        | 40.38                |
| 13/02/2014 | 522.12               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3497.04        | 40.54                |
| 23/02/2014 | 513.70               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3496.53        | 40.03                |
| 28/02/2014 | 496.10               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3496.37        | 39.87                |
| 08/03/2014 | 492.71               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3496.11        | 39.61                |
| 11/03/2014 | 495.22               | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3496.02        | 39.52                |
| 02/09/2008 | 478.49               | Hélice N° 1      | 13.6%         | 3490.50        | 34.00                |
| 02/02/2010 | 465.26               | Hélice N° 1      | 13.6%         | 3486.40        | 29.90                |
| 02/10/2008 | 443.21               | Hélice N° 1      | 13.6%         | 3486.27        | 29.77                |
| 02/06/2008 | 463.19               | Hélice N° 1      | 13.7%         | 3489.28        | 32.78                |

Fuente: Southern Copper Corporation (Gerencia de recursos hídricos).

**Continuación: Registro de aforos CR N°03**

| Fecha      | Caudal Aforado (L/s) | Hélice utilizada | % de Apertura | Nivel (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) |
|------------|----------------------|------------------|---------------|-----------------|----------------------|
| 18/04/2003 | 443.81               | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3490.90         | 34.40                |
| 20/04/2003 | 449.96               | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3491.09         | 34.59                |
| 24/04/2004 | 452.94               | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3491.50         | 35.00                |
| 04/07/2007 | 471.86               | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3493.41         | 36.91                |
| 17/04/2004 | 468.86               | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3493.40         | 36.90                |
| 22/04/2004 | 465.43               | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3493.30         | 36.80                |
| 02/01/2010 | 402.76               | Hélice N° 1      | 13.9%         | 3480.92         | 24.42                |
| 23/02/2010 | 400.18               | Hélice N° 1      | 13.9%         | 3481.13         | 24.63                |
| 17/04/2010 | 490.47               | Hélice N° 1      | 14.0%         | 3488.70         | 32.20                |
| 18/02/2005 | 424.71               | Hélice N° 1      | 14.0%         | 3492.32         | 35.82                |
| 10/01/2009 | 460.44               | Hélice N° 1      | 14.0%         | 3484.35         | 27.85                |
| 13/01/2009 | 456.10               | Hélice N° 1      | 14.0%         | 3484.20         | 27.70                |
| 17/01/2009 | 462.29               | Hélice N° 1      | 14.0%         | 3484.48         | 27.98                |
| 26/03/2009 | 527.65               | Hélice N° 1      | 14.2%         | 3496.11         | 39.61                |
| 26/02/2006 | 499.48               | Hélice N° 1      | 14.4%         | 3489.37         | 32.87                |
| 07/12/2013 | 516.80               | Hélice N° 1      | 14.5%         | 3491.11         | 34.61                |
| 11/12/2013 | 519.80               | Hélice N° 1      | 14.5%         | 3491.44         | 34.94                |
| 11/01/2014 | 539.90               | Hélice N° 1      | 14.5%         | 3492.58         | 36.08                |
| 12/02/2014 | 570.63               | Hélice N° 1      | 14.5%         | 3497.10         | 40.60                |
| 15/02/2006 | 509.91               | Hélice N° 1      | 14.8%         | 3489.39         | 32.89                |
| 17/02/2006 | 523.52               | Hélice N° 1      | 14.8%         | 3489.39         | 32.89                |
| 22/02/2006 | 520.14               | Hélice N° 1      | 14.8%         | 3489.36         | 32.86                |
| 02/07/2011 | 524.12               | Hélice N° 1      | 14.8%         | 3489.85         | 33.35                |
| 29/02/2004 | 520.16               | Hélice N° 1      | 14.8%         | 3486.67         | 30.17                |
| 19/01/2006 | 572.24               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.01         | 35.51                |
| 22/01/2006 | 573.45               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.10         | 35.60                |
| 14/01/2007 | 572.60               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.47         | 35.97                |
| 30/01/2007 | 574.56               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.84         | 36.34                |
| 01/08/2009 | 580.20               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.85         | 36.35                |
| 25/01/2008 | 575.31               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.86         | 36.36                |
| 02/01/2005 | 455.52               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3481.01         | 24.51                |
| 03/03/2007 | 541.94               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3488.53         | 32.03                |
| 01/03/2009 | 581.88               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3496.97         | 40.47                |
| 08/01/2013 | 572.04               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3495.00         | 38.50                |
| 14/01/2014 | 604.30               | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3497.96         | 41.46                |
| 24/03/2003 | 536.10               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3491.55         | 35.05                |
| 18/01/2007 | 558.14               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3490.86         | 34.36                |
| 24/01/2007 | 560.69               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3490.63         | 34.13                |
| 01/02/2007 | 558.14               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3489.96         | 33.46                |
| 26/10/2012 | 610.50               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3494.71         | 38.21                |
| 29/10/2012 | 608.70               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3494.55         | 38.05                |
| 05/11/2012 | 578.50               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3493.98         | 37.48                |
| 06/11/2012 | 579.00               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3493.89         | 37.39                |
| 13/11/2012 | 540.30               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3493.21         | 36.71                |
| 14/11/2012 | 561.20               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3493.2          | 36.62                |
| 19/11/2012 | 537.20               | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3492.61         | 36.11                |

Fuente: Southern Copper Corporation (Gerencia de recursos hídricos).

**Continuación: Registro de aforos CR N°03**

| Fecha      | Caudal Aforado (l/s) | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) |
|------------|----------------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|
| 26/02/2007 | 564.06               | Hélice N° 1      | 15.6%         | 3489.44        | 32.94                |
| 17/01/2009 | 612.11               | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3492.01        | 35.51                |
| 18/01/2009 | 614.89               | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3491.95        | 35.45                |
| 27/01/2009 | 605.61               | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3491.44        | 34.94                |
| 28/01/2009 | 618.71               | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3491.37        | 34.87                |
| 19/01/2012 | 509.43               | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3481.68        | 25.18                |
| 02/08/2006 | 597.99               | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3489.40        | 32.90                |
| 19/02/2008 | 588.46               | Hélice N° 2      | 16.0%         | 3488.84        | 32.34                |
| 26/02/2008 | 586.17               | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3488.40        | 31.90                |
| 03/04/2010 | 615.54               | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3492.27        | 35.77                |
| 17/03/2004 | 599.82               | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3491.92        | 35.42                |
| 27/02/2007 | 639.10               | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3494.70        | 38.20                |
| 01/12/2012 | 556.07               | Hélice N° 1      | 16.1%         | 3481.73        | 25.23                |
| 31/01/2012 | 518.77               | Hélice N° 1      | 16.1%         | 3481.24        | 24.74                |
| 02/05/2009 | 617.88               | Hélice N° 2      | 16.3%         | 3489.65        | 33.15                |
| 22/02/2005 | 606.45               | Hélice N° 3      | 16.3%         | 3489.65        | 33.15                |
| 01/10/2013 | 648.47               | Hélice N° 1      | 16.9%         | 3490.44        | 33.94                |
| 28/03/2011 | 700.21               | Hélice N°2       | 17.0%         | 3497.64        | 41.14                |
| 27/02/2006 | 636.41               | Hélice N° 1      | 17.1%         | 3489.38        | 32.88                |
| 03/03/2005 | 636.67               | Hélice N° 1      | 17.1%         | 3491.89        | 35.39                |
| 18/05/2012 | 788.40               | Hélice N° 3      | 17.1%         | 3507.42        | 50.92                |
| 21/05/2012 | 794.20               | Hélice N° 3      | 17.1%         | 3507.26        | 50.76                |
| 03/02/2014 | 715.31               | Hélice N° 3      | 17.5%         | 3498.15        | 41.65                |
| 06/02/2014 | 702.50               | Hélice N° 3      | 17.5%         | 3497.80        | 41.30                |
| 17/01/2005 | 706.00               | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3492.01        | 35.51                |
| 16/01/2010 | 709.92               | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3490.16        | 33.66                |
| 22/01/2010 | 691.91               | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3489.36        | 32.86                |
| 02/07/2012 | 680.46               | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3489.91        | 33.41                |
| 10/04/2007 | 720.55               | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3494.55        | 38.05                |
| 24/03/2009 | 746.97               | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3496.19        | 39.69                |
| 01/01/2011 | 733.58               | Hélice N° 1      | 19.0%         | 3488.22        | 31.72                |
| 03/03/2009 | 734.62               | Hélice N° 1      | 19.0%         | 3492.32        | 35.82                |
| 03/01/2004 | 756.13               | Hélice N° 1      | 19.0%         | 3492.52        | 36.02                |
| 10/07/2012 | 948.00               | Hélice N° 1      | 19.5%         | 3502.10        | 45.60                |
| 16/07/2012 | 937.90               | Hélice N° 1      | 19.5%         | 3500.92        | 44.42                |
| 23/07/2012 | 934.20               | Hélice N° 1      | 19.5%         | 3499.45        | 42.95                |
| 01/04/2010 | 763.00               | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3488.88        | 32.38                |
| 20/01/2004 | 794.00               | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3491.88        | 35.38                |
| 21/01/2004 | 801.00               | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3492.11        | 35.61                |
| 01/02/2005 | 819.00               | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3493.13        | 36.63                |
| 01/05/2008 | 805.00               | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3491.86        | 35.36                |
| 01/05/2010 | 802.00               | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3491.74        | 35.24                |
| 01/07/2011 | 765.20               | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3487.39        | 30.89                |
| 27/01/2011 | 733.29               | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3483.91        | 27.41                |

Fuente: Southern Copper Corporation (Gerencia de recursos hídricos).

**Continuación: Registro de aforos CR N°03**

| Fecha      | Caudal Aforado (L/s) | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) |
|------------|----------------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|
| 02/05/2003 | 788.00               | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3489.79        | 33.29                |
| 03/02/2001 | 756.88               | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3487.36        | 30.86                |
| 02/04/2012 | 909.40               | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3502.86        | 46.36                |
| 16/04/2012 | 950.20               | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3506.37        | 49.87                |
| 22/04/2012 | 960.00               | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3507.52        | 51.02                |
| 23/04/2012 | 965.30               | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3507.68        | 51.18                |
| 26/04/2012 | 973.40               | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3508.73        | 52.23                |
| 29/04/2012 | 983.90               | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3508.92        | 52.42                |
| 03/05/2012 | 982.40               | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3508.98        | 52.48                |
| 18/02/2007 | 791.13               | Hélice N° 1      | 20.3%         | 3489.81        | 33.31                |
| 17/03/2009 | 900.00               | Hélice N° 2      | 21.0%         | 3496.44        | 39.94                |
| 04/06/2013 | 1014.70              | Hélice N° 2      | 21.4%         | 3506.75        | 50.25                |
| 18/06/2012 | 1027.60              | Hélice N° 2      | 21.5%         | 3506.08        | 49.58                |
| 25/06/2012 | 1030.60              | Hélice N° 2      | 21.5%         | 3504.84        | 48.34                |
| 26/03/2007 | 996.67               | Hélice N° 2      | 24.0%         | 3494.74        | 38.24                |
| 28/03/2007 | 1005.56              | Hélice N° 2      | 24.0%         | 3494.81        | 38.31                |
| 03/04/2007 | 1003.67              | Hélice N° 2      | 24.0%         | 3495.47        | 38.97                |
| 11/05/2012 | 1223.20              | Hélice N° 2      | 24.5%         | 3508.51        | 52.01                |
| 14/05/2012 | 1206.50              | Hélice N° 2      | 24.5%         | 3507.99        | 51.49                |
| 02/03/2007 | 1251.97              | Hélice N° 2      | 25.0%         | 3496.62        | 40.12                |
| 17/01/2008 | 1033.91              | Hélice N° 2      | 25.0%         | 3494.13        | 37.63                |
| 29/01/2003 | 1095.00              | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3486.93        | 30.43                |
| 01/04/2004 | 1057.00              | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3484.03        | 27.53                |
| 01/05/2008 | 1042.00              | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3484.08        | 27.58                |
| 01/04/2005 | 1053.00              | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3484.35        | 27.85                |
| 01/04/2012 | 1188.00              | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3490.39        | 33.89                |
| 27/01/2004 | 1251.00              | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3494.03        | 37.53                |
| 18/02/2004 | 1257.21              | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3490.89        | 34.39                |
| 20/02/2004 | 1246.00              | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3490.58        | 34.08                |
| 02/04/2012 | 1445.00              | Hélice N° 1      | 35.0%         | 3489.66        | 33.16                |
| 03/03/2009 | 1520.35              | Hélice N° 2      | 35.0%         | 3499.26        | 42.76                |
| 28/01/2003 | 1361.00              | Hélice N° 1      | 40.0%         | 3486.66        | 30.16                |
| 02/04/2003 | 1597.00              | Hélice N° 1      | 40.0%         | 3490.61        | 34.11                |
| 04/03/2009 | 1879.84              | Hélice N° 2      | 45.0%         | 3500.38        | 43.88                |
| 05/03/2009 | 1894.22              | Hélice N° 2      | 45.0%         | 3500.83        | 44.33                |
| 27/01/2007 | 1552.00              | Hélice N° 1      | 50.0%         | 3486.28        | 29.78                |
| 15/01/2008 | 1583.00              | Hélice N° 1      | 50.0%         | 3484.32        | 27.82                |
| 18/01/2009 | 1590.00              | Hélice N° 1      | 50.0%         | 3486.34        | 29.84                |
| 02/04/2005 | 1701.00              | Hélice N° 1      | 50.0%         | 3490.60        | 34.10                |
| 15/01/2003 | 1659.00              | Hélice N° 2      | 60.0%         | 3485.90        | 29.40                |

Fuente: Southern Copper Corporation (Gerencia de recursos hídricos).

## **ANEXO B (Coeficiente de descarga)**

**ANEXO B1 (Compuerta de regulación N°01 y N°02)**

**Tabla N° 39: Coeficiente de descarga real, CR. N°01 y N°02 (8.0% a 22.0%Ap.)**

| Ítem | Fecha      | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) | Cd real |
|------|------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|---------|
| 1    | 12/03/2011 | Hélice N° 3      | 8.0%          | 3497.83        | 41.33                | 0.07    |
| 2    | 01/24/2003 | Hélice N° 1      | 10.0%         | 3485.59        | 29.09                | 0.09    |
| 3    | 13/03/2007 | Hélice N° 1      | 10.0%         | 3495.30        | 38.80                | 0.08    |
| 4    | 16/03/2007 | Hélice N° 1      | 10.0%         | 3495.30        | 38.80                | 0.08    |
| 5    | 11/02/2006 | Hélice N° 2      | 10.0%         | 3480.52        | 24.02                | 0.07    |
| 6    | 20/03/2002 | Hélice N° 1      | 10.0%         | 3488.81        | 32.31                | 0.08    |
| 7    | 23/03/2007 | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3495.09        | 38.59                | 0.08    |
| 8    | 16/03/2009 | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3496.62        | 40.12                | 0.08    |
| 9    | 10/02/2011 | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3503.57        | 47.07                | 0.09    |
| 10   | 11/02/2011 | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3503.82        | 47.32                | 0.09    |
| 11   | 12/02/2011 | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3503.76        | 47.26                | 0.09    |
| 12   | 16/03/2012 | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3501.43        | 44.93                | 0.08    |
| 13   | 19/03/2012 | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3501.60        | 45.10                | 0.08    |
| 14   | 23/03/2012 | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3501.53        | 45.03                | 0.08    |
| 15   | 06/03/2011 | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3499.26        | 42.76                | 0.09    |
| 16   | 08/03/2011 | Hélice N° 3      | 10.0%         | 3498.66        | 42.16                | 0.09    |
| 17   | 20/03/2007 | Hélice N° 2      | 12.0%         | 3496.05        | 39.55                | 0.06    |
| 18   | 22/03/2007 | Hélice N° 2      | 12.0%         | 3495.45        | 38.95                | 0.06    |
| 19   | 23/03/2007 | Hélice N° 2      | 12.0%         | 3495.09        | 38.59                | 0.10    |
| 20   | 14/03/2009 | Hélice N° 2      | 12.0%         | 3497.27        | 40.77                | 0.10    |
| 21   | 23/01/2012 | Hélice N° 3      | 16.0%         | 3498.92        | 42.42                | 0.10    |
| 22   | 30/01/2012 | Hélice N° 3      | 16.0%         | 3502.15        | 45.65                | 0.10    |
| 23   | 08/03/2007 | Hélice N° 2      | 14.0%         | 3497.06        | 40.56                | 0.13    |
| 24   | 01/24/2003 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3488.85        | 32.35                | 0.16    |
| 25   | 15/02/2002 | Hélice N° 2      | 15.0%         | 3488.70        | 32.20                | 0.16    |
| 26   | 19/02/2002 | Hélice N° 2      | 15.0%         | 3488.03        | 31.53                | 0.15    |
| 27   | 06/03/2009 | Hélice N° 2      | 15.0%         | 3500.89        | 44.39                | 0.13    |
| 28   | 05/03/2012 | Hélice N° 3      | 15.0%         | 3500.28        | 43.78                | 0.13    |
| 29   | 06/03/2012 | Hélice N° 3      | 15.0%         | 3500.38        | 43.88                | 0.13    |
| 30   | 12/03/2012 | Hélice N° 3      | 15.0%         | 3501.91        | 45.41                | 0.14    |
| 31   | 13/03/2009 | Hélice N° 2      | 16.5%         | 3497.62        | 41.12                | 0.15    |
| 32   | 01/23/2002 | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3485.07        | 28.57                | 0.20    |
| 33   | 28/04/2007 | Hélice N° 3      | 20.0%         | 3477.84        | 21.34                | 0.18    |
| 34   | 02/03/2005 | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3490.91        | 34.41                | 0.20    |
| 35   | 02/03/2006 | Hélice N°2       | 20.0%         | 3490.26        | 33.76                | 0.20    |
| 36   | 14/03/2002 | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3490.24        | 33.74                | 0.20    |
| 37   | 03/03/2011 | Hélice N° 3      | 21.0%         | 3501.21        | 44.71                | 0.23    |
| 38   | 16/01/2012 | Hélice N° 3      | 21.0%         | 3500.41        | 43.91                | 0.18    |
| 39   | 07/03/2009 | Hélice N° 3      | 22.0%         | 3501.21        | 44.71                | 0.21    |

Fuente: Elaboración propia.

**Continuación: Coeficiente de descarga real, CR. N°01 y N°02 (30.0% a 80.0%Ap.)**

| Ítem | Fecha      | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) | Cd real |
|------|------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|---------|
| 40   | 01/03/2010 | Hélice N° 3      | 30.0%         | 3479.04        | 22.54                | 0.30    |
| 41   | 01/03/2012 | Hélice N° 2      | 30.0%         | 3480.33        | 23.83                | 0.29    |
| 42   | 25/02/2011 | Hélice N° 3      | 30.0%         | 3508.70        | 52.20                | 0.31    |
| 43   | 28/02/2011 | Hélice N° 3      | 30.0%         | 3505.50        | 49.00                | 0.31    |
| 44   | 01/14/2003 | Hélice N° 4      | 40.0%         | 3485.63        | 29.13                | 0.36    |
| 45   | 01/04/2003 | Hélice N° 3      | 50.0%         | 3486.85        | 30.35                | 0.45    |
| 46   | 05/03/2005 | Hélice N° 4      | 50.0%         | 3486.42        | 29.92                | 0.45    |
| 47   | 01/21/2003 | Hélice N° 3      | 60.0%         | 3486.64        | 30.14                | 0.46    |
| 48   | 07/03/2008 | Hélice N° 3      | 60.0%         | 3486.27        | 29.77                | 0.47    |
| 49   | 01/03/2002 | Hélice N° 3      | 70.0%         | 3486.72        | 30.22                | 0.47    |
| 50   | 01/03/2009 | Hélice N° 3      | 70.0%         | 3478.34        | 21.84                | 0.49    |
| 51   | 01/18/2003 | Hélice N° 3      | 70.0%         | 3490.04        | 33.54                | 0.48    |
| 52   | 01/03/2006 | Hélice N° 3      | 80.0%         | 3484.14        | 27.64                | 0.53    |
| 53   | 01/03/2007 | Hélice N° 3      | 80.0%         | 3482.32        | 25.82                | 0.54    |

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO B2 (Compuerta de regulación N°03)**

**Tabla N° 40: Coeficiente de descarga real, CR N°03 (10% a 12.5%AP)**

| Ítem | Fecha      | Hélice Utilizada | % De Apertura | Cota m.s.n.m | Carga Hidráulica (m) | Cd Real |
|------|------------|------------------|---------------|--------------|----------------------|---------|
| 1    | 28/05/2012 | Hélice N°3       | 10.0%         | 3506.81      | 50.31                | 0.08    |
| 2    | 06/06/2012 | Hélice N°3       | 10.3%         | 3506.62      | 50.12                | 0.09    |
| 3    | 11/06/2012 | Hélice N°3       | 10.3%         | 3506.84      | 50.34                | 0.09    |
| 4    | 03/01/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3487.74      | 31.24                | 0.10    |
| 5    | 10/01/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3487.68      | 31.18                | 0.10    |
| 6    | 14/01/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3488.28      | 31.78                | 0.10    |
| 7    | 17/01/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3488.24      | 31.74                | 0.10    |
| 8    | 18/01/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3488.21      | 31.71                | 0.10    |
| 9    | 21/01/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3488.15      | 31.65                | 0.10    |
| 10   | 28/01/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3491.24      | 34.74                | 0.10    |
| 11   | 01/02/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.74      | 38.24                | 0.10    |
| 12   | 23/07/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.87      | 38.37                | 0.10    |
| 13   | 25/07/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.84      | 38.34                | 0.09    |
| 14   | 14/08/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.32      | 37.82                | 0.09    |
| 15   | 15/08/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.29      | 37.79                | 0.09    |
| 16   | 22/08/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3494.10      | 37.60                | 0.09    |
| 17   | 29/08/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3493.88      | 37.38                | 0.09    |
| 18   | 05/09/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3493.66      | 37.16                | 0.09    |
| 19   | 12/09/2011 | Hélice N°3       | 11.5%         | 3493.40      | 36.90                | 0.09    |
| 20   | 20/03/2012 | Hélice N°3       | 11.8%         | 3486.00      | 29.50                | 0.10    |
| 21   | 29/03/2012 | Hélice N°3       | 11.8%         | 3486.72      | 30.22                | 0.10    |
| 22   | 25/02/2005 | Hélice N°3       | 12.0%         | 3496.61      | 40.11                | 0.11    |
| 23   | 07/03/2005 | Hélice N°3       | 12.0%         | 3490.80      | 34.30                | 0.15    |
| 24   | 03/03/2008 | Hélice N°3       | 12.0%         | 3494.17      | 37.67                | 0.10    |
| 25   | 27/03/2008 | Hélice N°3       | 12.0%         | 3496.11      | 39.61                | 0.10    |
| 26   | 26/09/2011 | Hélice N°3       | 12.0%         | 3492.77      | 36.27                | 0.11    |
| 27   | 18/03/2012 | Hélice N°3       | 12.2%         | 3486.00      | 29.50                | 0.10    |
| 28   | 03/01/2007 | Hélice N°3       | 12.4%         | 3485.85      | 29.35                | 0.11    |
| 29   | 05/07/2005 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3491.78      | 35.28                | 0.10    |
| 30   | 24/08/2005 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3490.58      | 34.08                | 0.11    |
| 31   | 24/05/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3494.87      | 38.37                | 0.11    |
| 32   | 07/06/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3494.39      | 37.89                | 0.11    |
| 33   | 14/06/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3494.19      | 37.69                | 0.11    |
| 34   | 23/06/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3493.97      | 37.47                | 0.11    |
| 35   | 05/07/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3493.59      | 37.09                | 0.11    |
| 36   | 14/07/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3493.35      | 36.85                | 0.11    |
| 37   | 19/07/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3493.20      | 36.70                | 0.11    |
| 38   | 26/07/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3492.95      | 36.45                | 0.11    |
| 39   | 02/08/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3492.73      | 36.23                | 0.11    |
| 40   | 09/08/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3492.62      | 36.12                | 0.11    |

Fuente: Elaboración propia.

**Continuación: Coeficiente de descarga real, CR. N°03 (12.5%-13.0%Ap.)**

| Ítem | Fecha      | Hélice Utilizada | % De Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) | Cd Real |
|------|------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|---------|
| 41   | 16/08/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3492.41        | 35.91                | 0.11    |
| 42   | 23/08/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3492.19        | 35.69                | 0.11    |
| 43   | 30/08/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3491.88        | 35.38                | 0.11    |
| 44   | 13/09/2008 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3491.26        | 34.76                | 0.11    |
| 45   | 10/10/2011 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3491.94        | 35.44                | 0.11    |
| 46   | 17/10/2011 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3491.50        | 35.00                | 0.11    |
| 47   | 07/05/2013 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3502.67        | 46.17                | 0.11    |
| 48   | 12/06/2013 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3503.57        | 47.07                | 0.11    |
| 49   | 20/06/2013 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3503.69        | 47.19                | 0.11    |
| 50   | 24/06/2013 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3503.69        | 47.19                | 0.11    |
| 51   | 12/07/2013 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3503.57        | 47.07                | 0.11    |
| 52   | 19/08/2013 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3502.80        | 46.30                | 0.11    |
| 53   | 15/03/2014 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3495.86        | 39.36                | 0.11    |
| 54   | 19/03/2014 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3496.02        | 39.52                | 0.11    |
| 55   | 23/03/2014 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3495.99        | 39.49                | 0.11    |
| 56   | 31/03/2014 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3495.70        | 39.20                | 0.11    |
| 57   | 07/04/2014 | Hélice N°3       | 12.5%         | 3495.76        | 39.26                | 0.11    |
| 58   | 02/11/2008 | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3485.92        | 29.42                | 0.12    |
| 59   | 02/11/2013 | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3485.88        | 29.38                | 0.12    |
| 60   | 03/11/2011 | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3486.75        | 30.25                | 0.11    |
| 61   | 03/11/2009 | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3486.66        | 30.16                | 0.11    |
| 62   | 03/11/2007 | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3486.44        | 29.94                | 0.11    |
| 63   | 03/12/2003 | Hélice N° 1      | 12.7%         | 3486.27        | 29.77                | 0.11    |
| 64   | 01/02/2008 | Hélice N° 1      | 12.8%         | 3492.67        | 36.17                | 0.11    |
| 65   | 02/05/2008 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3491.29        | 34.79                | 0.11    |
| 66   | 03/05/2013 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3491.24        | 34.74                | 0.12    |
| 67   | 21/03/2005 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3491.40        | 34.90                | 0.12    |
| 68   | 03/07/2011 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3490.73        | 34.23                | 0.12    |
| 69   | 22/03/2007 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3490.66        | 34.16                | 0.12    |
| 70   | 03/08/2006 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3490.53        | 34.03                | 0.12    |
| 71   | 09/02/2007 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3489.51        | 33.01                | 0.12    |
| 72   | 13/02/2007 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3491.14        | 34.64                | 0.12    |
| 73   | 17/02/2007 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3492.22        | 35.72                | 0.12    |
| 74   | 20/02/2007 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3492.45        | 35.95                | 0.12    |
| 75   | 23/02/2007 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3492.74        | 36.24                | 0.12    |
| 76   | 27/01/2009 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3483.75        | 27.25                | 0.12    |
| 77   | 30/01/2009 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3484.07        | 27.57                | 0.11    |
| 78   | 10/02/2009 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3486.65        | 30.15                | 0.11    |
| 79   | 12/02/2009 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3487.28        | 30.78                | 0.12    |
| 80   | 17/02/2009 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3490.57        | 34.07                | 0.12    |

Fuente: Elaboración propia.

**Continuación: Coeficiente de descarga real, CR. N°03 (13.0%-13.5%Ap.)**

| Ítem | Fecha      | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) | Cd Real |
|------|------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|---------|
| 81   | 21/02/2009 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3491.75        | 35.25                | 0.11    |
| 82   | 23/02/2009 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3492.39        | 35.89                | 0.11    |
| 83   | 26/02/2009 | Hélice N° 1      | 13.0%         | 3495.16        | 38.66                | 0.12    |
| 84   | 02/10/2012 | Hélice N° 1      | 13.1%         | 3486.19        | 29.69                | 0.13    |
| 85   | 02/10/2029 | Hélice N° 1      | 13.1%         | 3486.06        | 29.56                | 0.13    |
| 86   | 02/11/2002 | Hélice N° 1      | 13.1%         | 3486.00        | 29.50                | 0.13    |
| 87   | 02/11/2006 | Hélice N° 1      | 13.1%         | 3485.94        | 29.44                | 0.12    |
| 88   | 28/07/2012 | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3498.56        | 42.06                | 0.12    |
| 89   | 06/08/2012 | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3498.37        | 41.87                | 0.12    |
| 90   | 13/08/2012 | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3498.11        | 41.61                | 0.12    |
| 91   | 21/08/2012 | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3497.83        | 41.33                | 0.12    |
| 92   | 29/08/2012 | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3497.58        | 41.08                | 0.12    |
| 93   | 10/09/2012 | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3497.06        | 40.56                | 0.12    |
| 94   | 24/09/2012 | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3496.43        | 39.93                | 0.12    |
| 95   | 02/10/2012 | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3496.11        | 39.61                | 0.12    |
| 96   | 15/10/2012 | Hélice N° 3      | 13.2%         | 3495.37        | 38.87                | 0.12    |
| 97   | 04/01/2005 | Hélice N° 1      | 13.3%         | 3487.59        | 31.09                | 0.11    |
| 98   | 21/03/2003 | Hélice N° 1      | 13.4%         | 3489.48        | 32.98                | 0.12    |
| 99   | 03/08/2009 | Hélice N° 1      | 13.4%         | 3490.49        | 33.99                | 0.12    |
| 100  | 03/08/2013 | Hélice N° 1      | 13.4%         | 3490.40        | 33.90                | 0.12    |
| 101  | 03/09/2004 | Hélice N° 1      | 13.4%         | 3489.70        | 33.20                | 0.12    |
| 102  | 03/09/2026 | Hélice N° 1      | 13.4%         | 3488.93        | 32.43                | 0.12    |
| 103  | 03/10/2010 | Hélice N° 2      | 13.4%         | 3488.29        | 31.79                | 0.12    |
| 104  | 12/04/2007 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3494.61        | 38.11                | 0.12    |
| 105  | 16/04/2007 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3494.64        | 38.14                | 0.12    |
| 106  | 20/04/2007 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3494.61        | 38.11                | 0.12    |
| 107  | 24/04/2007 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3494.51        | 38.01                | 0.12    |
| 108  | 12/07/2007 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3492.35        | 35.85                | 0.12    |
| 109  | 24/07/2007 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3491.99        | 35.49                | 0.12    |
| 110  | 21/08/2007 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3491.33        | 34.83                | 0.12    |
| 111  | 28/08/2007 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3491.04        | 34.54                | 0.12    |
| 112  | 11/09/2007 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3490.35        | 33.85                | 0.12    |
| 113  | 27/04/2011 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3498.05        | 41.55                | 0.12    |
| 114  | 05/12/2011 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3487.90        | 31.40                | 0.12    |
| 115  | 19/12/2011 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3486.75        | 30.25                | 0.12    |
| 116  | 16/02/2014 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3496.88        | 40.38                | 0.12    |
| 117  | 13/02/2014 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3497.04        | 40.54                | 0.12    |
| 118  | 23/02/2014 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3496.53        | 40.03                | 0.12    |
| 119  | 28/02/2014 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3496.37        | 39.87                | 0.12    |
| 120  | 08/03/2014 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3496.11        | 39.61                | 0.12    |

Fuente: Elaboración propia.

**Continuación: Coeficiente de descarga real y teórico, CR. N°03 (13.5%-15.0%Ap.)**

| Ítem | Fecha      | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) | Cd Real |
|------|------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|---------|
| 121  | 11/03/2014 | Hélice N° 3      | 13.5%         | 3496.02        | 39.52                | 0.12    |
| 122  | 02/09/2008 | Hélice N° 1      | 13.6%         | 3490.50        | 34.00                | 0.12    |
| 123  | 02/02/2010 | Hélice N° 1      | 13.6%         | 3486.40        | 29.90                | 0.13    |
| 124  | 02/10/2008 | Hélice N° 1      | 13.6%         | 3486.27        | 29.77                | 0.12    |
| 125  | 02/06/2008 | Hélice N° 1      | 13.7%         | 3489.28        | 32.78                | 0.12    |
| 126  | 18/04/2003 | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3490.90        | 34.40                | 0.11    |
| 127  | 20/04/2003 | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3491.09        | 34.59                | 0.12    |
| 128  | 24/04/2004 | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3491.50        | 35.00                | 0.12    |
| 129  | 04/07/2007 | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3493.41        | 36.91                | 0.12    |
| 130  | 17/04/2004 | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3493.40        | 36.90                | 0.12    |
| 131  | 22/04/2004 | Hélice N° 1      | 13.8%         | 3493.30        | 36.80                | 0.12    |
| 132  | 02/01/2010 | Hélice N° 1      | 13.9%         | 3480.92        | 24.42                | 0.12    |
| 133  | 23/02/2010 | Hélice N° 1      | 13.9%         | 3481.13        | 24.63                | 0.12    |
| 134  | 17/04/2010 | Hélice N° 1      | 14.0%         | 3488.70        | 32.20                | 0.13    |
| 135  | 18/02/2005 | Hélice N° 1      | 14.0%         | 3492.32        | 35.82                | 0.11    |
| 136  | 10/01/2009 | Hélice N° 1      | 14.0%         | 3484.35        | 27.85                | 0.13    |
| 137  | 13/01/2009 | Hélice N° 1      | 14.0%         | 3484.20        | 27.70                | 0.13    |
| 138  | 17/01/2009 | Hélice N° 1      | 14.0%         | 3484.48        | 27.98                | 0.13    |
| 139  | 26/03/2009 | Hélice N° 1      | 14.2%         | 3496.11        | 39.61                | 0.13    |
| 140  | 26/02/2006 | Hélice N° 1      | 14.4%         | 3489.37        | 32.87                | 0.13    |
| 141  | 07/12/2013 | Hélice N° 1      | 14.5%         | 3491.11        | 34.61                | 0.13    |
| 142  | 11/12/2013 | Hélice N° 1      | 14.5%         | 3491.44        | 34.94                | 0.13    |
| 143  | 11/01/2014 | Hélice N° 1      | 14.5%         | 3492.58        | 36.08                | 0.14    |
| 144  | 12/02/2014 | Hélice N° 1      | 14.5%         | 3497.10        | 40.60                | 0.14    |
| 145  | 15/02/2006 | Hélice N° 1      | 14.8%         | 3489.39        | 32.89                | 0.14    |
| 146  | 17/02/2006 | Hélice N° 1      | 14.8%         | 3489.39        | 32.89                | 0.14    |
| 147  | 22/02/2006 | Hélice N° 1      | 14.8%         | 3489.36        | 32.86                | 0.14    |
| 148  | 02/07/2011 | Hélice N° 1      | 14.8%         | 3489.85        | 33.35                | 0.14    |
| 149  | 29/02/2004 | Hélice N° 1      | 14.8%         | 3486.67        | 30.17                | 0.14    |
| 150  | 19/01/2006 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.01        | 35.51                | 0.15    |
| 151  | 22/01/2006 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.10        | 35.60                | 0.15    |
| 152  | 14/01/2007 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.47        | 35.97                | 0.15    |
| 153  | 30/01/2007 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.84        | 36.34                | 0.14    |
| 154  | 01/08/2009 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.85        | 36.35                | 0.15    |
| 155  | 25/01/2008 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3492.86        | 36.36                | 0.14    |
| 156  | 02/01/2005 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3481.01        | 24.51                | 0.14    |
| 157  | 03/03/2007 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3488.53        | 32.03                | 0.15    |
| 158  | 01/03/2009 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3496.97        | 40.47                | 0.14    |
| 159  | 08/01/2013 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3495.00        | 38.50                | 0.14    |
| 160  | 14/01/2014 | Hélice N° 1      | 15.0%         | 3497.96        | 41.46                | 0.14    |

Fuente: Elaboración propia.

**Continuación: Coeficiente de descarga real y teórico, CR. N°03 (15.1%-18.0%Ap.)**

| Ítem | Fecha      | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) | Cd Real |
|------|------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|---------|
| 161  | 24/03/2003 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3491.55        | 35.05                | 0.14    |
| 162  | 18/01/2007 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3490.86        | 34.36                | 0.14    |
| 163  | 24/01/2007 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3490.63        | 34.13                | 0.15    |
| 164  | 01/02/2007 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3489.96        | 33.46                | 0.15    |
| 165  | 26/10/2012 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3494.71        | 38.21                | 0.15    |
| 166  | 29/10/2012 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3494.55        | 38.05                | 0.15    |
| 167  | 05/11/2012 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3493.98        | 37.48                | 0.14    |
| 168  | 06/11/2012 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3493.89        | 37.39                | 0.14    |
| 169  | 13/11/2012 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3493.21        | 36.71                | 0.14    |
| 170  | 14/11/2012 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3493.12        | 36.62                | 0.14    |
| 171  | 19/11/2012 | Hélice N° 1      | 15.1%         | 3492.61        | 36.11                | 0.14    |
| 172  | 01/09/2010 | Hélice N° 1      | 15.5%         | 3492.25        | 35.75                | 0.15    |
| 173  | 02/09/2007 | Hélice N° 1      | 15.5%         | 3487.70        | 31.20                | 0.15    |
| 174  | 02/09/2011 | Hélice N° 1      | 15.5%         | 3487.46        | 30.96                | 0.15    |
| 175  | 19/02/2009 | Hélice N° 1      | 15.5%         | 3486.97        | 30.47                | 0.15    |
| 176  | 26/02/2007 | Hélice N° 1      | 15.6%         | 3489.44        | 32.94                | 0.15    |
| 177  | 17/01/2009 | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3492.01        | 35.51                | 0.16    |
| 178  | 18/01/2009 | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3491.95        | 35.45                | 0.16    |
| 179  | 27/01/2009 | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3491.44        | 34.94                | 0.16    |
| 180  | 28/01/2009 | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3491.37        | 34.87                | 0.16    |
| 181  | 19/01/2012 | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3481.68        | 25.18                | 0.15    |
| 182  | 02/08/2006 | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3489.40        | 32.90                | 0.16    |
| 183  | 19/02/2008 | Hélice N° 2      | 16.0%         | 3488.84        | 32.34                | 0.16    |
| 184  | 26/02/2008 | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3488.40        | 31.90                | 0.16    |
| 185  | 03/04/2010 | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3492.27        | 35.77                | 0.16    |
| 186  | 17/03/2004 | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3491.92        | 35.42                | 0.15    |
| 187  | 27/02/2007 | Hélice N° 1      | 16.0%         | 3494.70        | 38.20                | 0.16    |
| 188  | 01/12/2012 | Hélice N° 1      | 16.1%         | 3481.73        | 25.23                | 0.17    |
| 189  | 31/01/2012 | Hélice N° 1      | 16.1%         | 3481.24        | 24.74                | 0.16    |
| 190  | 02/05/2009 | Hélice N° 2      | 16.3%         | 3489.65        | 33.15                | 0.16    |
| 191  | 22/02/2005 | Hélice N° 3      | 16.3%         | 3489.65        | 33.15                | 0.16    |
| 192  | 01/10/2013 | Hélice N° 1      | 16.9%         | 3490.44        | 33.94                | 0.17    |
| 193  | 28/03/2011 | Hélice N°2       | 17.0%         | 3497.64        | 41.14                | 0.17    |
| 194  | 27/02/2006 | Hélice N° 1      | 17.1%         | 3489.38        | 32.88                | 0.17    |
| 195  | 03/03/2005 | Hélice N° 1      | 17.1%         | 3491.89        | 35.39                | 0.16    |
| 196  | 18/05/2012 | Hélice N° 3      | 17.1%         | 3507.42        | 50.92                | 0.17    |
| 197  | 21/05/2012 | Hélice N° 3      | 17.1%         | 3507.26        | 50.76                | 0.17    |
| 198  | 03/02/2014 | Hélice N° 3      | 17.5%         | 3498.15        | 41.65                | 0.17    |
| 199  | 06/02/2014 | Hélice N° 3      | 17.5%         | 3497.80        | 41.30                | 0.17    |
| 200  | 17/01/2005 | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3492.01        | 35.51                | 0.18    |

Fuente: Elaboración propia.

Continuación: Coeficiente de descarga real, CR. N°03(18.0%-25.0%Ap.)

| Item | Fecha      | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) | Cd Real |
|------|------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|---------|
| 201  | 16/01/2010 | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3490.16        | 33.66                | 0.19    |
| 202  | 22/01/2010 | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3489.36        | 32.86                | 0.18    |
| 203  | 02/07/2012 | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3489.91        | 33.41                | 0.18    |
| 204  | 10/04/2007 | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3494.55        | 38.05                | 0.18    |
| 205  | 24/03/2009 | Hélice N° 1      | 18.0%         | 3496.19        | 39.69                | 0.18    |
| 206  | 01/01/2011 | Hélice N° 1      | 19.0%         | 3488.22        | 31.72                | 0.20    |
| 207  | 03/03/2009 | Hélice N° 1      | 19.0%         | 3492.32        | 35.82                | 0.19    |
| 208  | 03/01/2004 | Hélice N° 1      | 19.0%         | 3492.52        | 36.02                | 0.19    |
| 209  | 10/07/2012 | Hélice N° 1      | 19.5%         | 3502.10        | 45.60                | 0.21    |
| 210  | 16/07/2012 | Hélice N° 1      | 19.5%         | 3500.92        | 44.42                | 0.21    |
| 211  | 23/07/2012 | Hélice N° 1      | 19.5%         | 3499.45        | 42.95                | 0.22    |
| 212  | 01/04/2010 | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3488.88        | 32.38                | 0.20    |
| 213  | 20/01/2004 | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3491.88        | 35.38                | 0.20    |
| 214  | 21/01/2004 | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3492.11        | 35.61                | 0.20    |
| 215  | 01/02/2005 | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3493.13        | 36.63                | 0.21    |
| 216  | 01/05/2008 | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3491.86        | 35.36                | 0.21    |
| 217  | 01/05/2010 | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3491.74        | 35.24                | 0.21    |
| 218  | 01/07/2011 | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3487.39        | 30.89                | 0.21    |
| 219  | 27/01/2011 | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3483.91        | 27.41                | 0.21    |
| 220  | 02/05/2003 | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3489.79        | 33.29                | 0.21    |
| 221  | 03/02/2001 | Hélice N° 1      | 20.0%         | 3487.36        | 30.86                | 0.21    |
| 222  | 02/04/2012 | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3502.86        | 46.36                | 0.20    |
| 223  | 16/04/2012 | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3506.37        | 49.87                | 0.20    |
| 224  | 22/04/2012 | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3507.52        | 51.02                | 0.20    |
| 225  | 23/04/2012 | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3507.68        | 51.18                | 0.20    |
| 226  | 26/04/2012 | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3508.73        | 52.23                | 0.20    |
| 227  | 29/04/2012 | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3508.92        | 52.42                | 0.21    |
| 228  | 03/05/2012 | Hélice N° 2      | 20.0%         | 3508.98        | 52.48                | 0.21    |
| 229  | 18/02/2007 | Hélice N° 1      | 20.3%         | 3489.81        | 33.31                | 0.21    |
| 230  | 17/03/2009 | Hélice N° 2      | 21.0%         | 3496.44        | 39.94                | 0.22    |
| 231  | 04/06/2013 | Hélice N° 2      | 21.4%         | 3506.75        | 50.25                | 0.22    |
| 232  | 18/06/2012 | Hélice N° 2      | 21.5%         | 3506.08        | 49.58                | 0.22    |
| 233  | 25/06/2012 | Hélice N° 2      | 21.5%         | 3504.84        | 48.34                | 0.23    |
| 234  | 26/03/2007 | Hélice N° 2      | 24.0%         | 3494.74        | 38.24                | 0.24    |
| 235  | 28/03/2007 | Hélice N° 2      | 24.0%         | 3494.81        | 38.31                | 0.25    |
| 236  | 03/04/2007 | Hélice N° 2      | 24.0%         | 3495.47        | 38.97                | 0.24    |
| 237  | 11/05/2012 | Hélice N° 2      | 24.5%         | 3508.51        | 52.01                | 0.26    |
| 238  | 14/05/2012 | Hélice N° 2      | 24.5%         | 3507.99        | 51.49                | 0.26    |
| 239  | 02/03/2007 | Hélice N° 2      | 25.0%         | 3496.62        | 40.12                | 0.30    |
| 240  | 17/01/2008 | Hélice N° 2      | 25.0%         | 3494.13        | 37.63                | 0.26    |

Fuente: Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia.

**Continuación: Coeficiente de descarga real, CR. N°03 (30.0%-60.0%Ap.).**

| Ítem | Fecha      | Hélice Utilizada | % de Apertura | Cota (m.s.n.m) | Carga Hidráulica (m) | Cd Real |
|------|------------|------------------|---------------|----------------|----------------------|---------|
| 241  | 29/01/2003 | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3486.93        | 30.43                | 0.30    |
| 242  | 01/04/2004 | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3484.03        | 27.53                | 0.31    |
| 243  | 01/05/2008 | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3484.08        | 27.58                | 0.30    |
| 244  | 01/04/2005 | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3484.35        | 27.85                | 0.30    |
| 245  | 01/04/2012 | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3490.39        | 33.89                | 0.31    |
| 246  | 27/01/2004 | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3494.03        | 37.53                | 0.31    |
| 247  | 18/02/2004 | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3490.89        | 34.39                | 0.33    |
| 248  | 20/02/2004 | Hélice N° 1      | 30.0%         | 3490.58        | 34.08                | 0.32    |
| 249  | 02/04/2012 | Hélice N° 1      | 35.0%         | 3489.66        | 33.16                | 0.38    |
| 250  | 03/03/2009 | Hélice N° 2      | 35.0%         | 3499.26        | 42.76                | 0.35    |
| 251  | 28/01/2003 | Hélice N° 1      | 40.0%         | 3486.66        | 30.16                | 0.38    |
| 252  | 02/04/2003 | Hélice N° 1      | 40.0%         | 3490.61        | 34.11                | 0.42    |
| 253  | 04/03/2009 | Hélice N° 2      | 45.0%         | 3500.38        | 43.88                | 0.43    |
| 254  | 05/03/2009 | Hélice N° 2      | 45.0%         | 3500.83        | 44.33                | 0.43    |
| 255  | 27/01/2007 | Hélice N° 1      | 50.0%         | 3486.28        | 29.78                | 0.43    |
| 256  | 15/01/2008 | Hélice N° 1      | 50.0%         | 3484.32        | 27.82                | 0.46    |
| 257  | 18/01/2009 | Hélice N° 1      | 50.0%         | 3486.34        | 29.84                | 0.44    |
| 258  | 02/04/2005 | Hélice N° 1      | 50.0%         | 3490.60        | 34.10                | 0.44    |
| 259  | 15/01/2003 | Hélice N° 2      | 60.0%         | 3485.90        | 29.40                | 0.46    |

Fuente: Elaboración propia.

## **ANEXO C (Variación de caudal, área hidráulica variable)**

**Anexo C1 (Compuerta de regulación N°01 y N°02)**

**Tabla N° 41:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un  $Cd=0.08$ , (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |        |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|--------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2      | 3       | 4       | 5       |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 112.06         | 137.24 | 158.47  | 177.18  | 194.09  |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 168.09         | 205.86 | 237.71  | 265.77  | 291.13  |
| 0.20                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 224.11         | 274.48 | 316.95  | 354.36  | 388.18  |
| 0.25                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 280.14         | 343.20 | 396.18  | 442.94  | 485.22  |
| 0.30                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 336.17         | 411.72 | 475.42  | 531.53  | 582.27  |
| 0.35                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 392.20         | 480.34 | 554.65  | 620.12  | 679.31  |
| 0.40                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 448.23         | 548.97 | 633.89  | 708.71  | 776.35  |
| 0.45                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 504.26         | 617.59 | 713.13  | 797.30  | 873.40  |
| 0.50                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 560.29         | 686.21 | 792.36  | 885.89  | 970.44  |
| 0.55                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 616.31         | 754.83 | 871.60  | 974.48  | 1067.49 |
| 0.60                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 672.34         | 823.45 | 950.84  | 1063.07 | 1164.53 |
| 0.64                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 712.88         | 873.09 | 1008.16 | 1127.16 | 1234.74 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 42:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un  $Cd=0.18$ , (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 252.13         | 308.79  | 356.56  | 398.65  | 436.70  |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 378.19         | 463.19  | 534.85  | 597.98  | 655.05  |
| 0.20                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 504.26         | 617.59  | 713.23  | 797.30  | 873.40  |
| 0.25                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 630.32         | 771.98  | 891.41  | 996.63  | 1091.75 |
| 0.30                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 756.39         | 926.38  | 1069.69 | 1195.95 | 1310.10 |
| 0.35                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 882.45         | 1080.78 | 1247.97 | 1395.28 | 1528.45 |
| 0.40                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 1008.51        | 1235.17 | 1426.25 | 1594.60 | 1746.80 |
| 0.45                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 1134.58        | 1389.57 | 1604.54 | 1793.93 | 1965.15 |
| 0.50                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 1260.64        | 1543.97 | 1782.82 | 1993.25 | 2183.50 |
| 0.55                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 1386.71        | 1698.36 | 1961.10 | 2192.58 | 2401.85 |
| 0.60                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 1512.77        | 1852.76 | 2139.38 | 2391.90 | 2620.20 |
| 0.64                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.18                             | 1603.97        | 1964.46 | 2268.36 | 2536.10 | 2778.16 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 43:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un  $C_d=0.27$ , (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 378.19         | 463.29  | 534.85  | 597.98  | 655.05  |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 567.29         | 694.78  | 802.27  | 896.96  | 982.57  |
| 0.20                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 756.39         | 926.38  | 1069.69 | 1195.95 | 1310.10 |
| 0.25                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 945.48         | 1157.97 | 1337.11 | 1494.94 | 1637.62 |
| 0.30                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 1134.58        | 1389.57 | 1604.54 | 1793.93 | 1965.15 |
| 0.35                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 1323.67        | 1621.16 | 1871.96 | 2092.91 | 2292.67 |
| 0.40                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 1512.77        | 1852.76 | 2139.38 | 2391.90 | 2620.20 |
| 0.45                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 1701.87        | 2084.35 | 2406.80 | 2690.89 | 2947.72 |
| 0.50                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 1890.96        | 2315.95 | 2674.23 | 2989.88 | 3275.25 |
| 0.55                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 2080.06        | 2547.54 | 2941.65 | 3288.86 | 3602.77 |
| 0.60                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 2269.16        | 2779.14 | 3209.07 | 3587.85 | 3930.29 |
| 0.64                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.27                             | 2405.96        | 2946.69 | 3402.54 | 3804.15 | 4167.24 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 44:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un  $C_d=0.36$ , (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 504.26         | 617.59  | 713.23  | 797.30  | 873.40  |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 756.39         | 926.38  | 1069.69 | 1195.95 | 1310.10 |
| 0.20                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 1008.51        | 1235.17 | 1426.25 | 1594.60 | 1746.80 |
| 0.25                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 1260.64        | 1543.97 | 1782.82 | 1993.25 | 2183.50 |
| 0.30                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 1512.77        | 1852.76 | 2139.38 | 2391.90 | 2620.20 |
| 0.35                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 1764.90        | 2161.55 | 2495.95 | 2790.55 | 3056.90 |
| 0.40                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 2017.03        | 2470.35 | 2852.51 | 3189.20 | 3493.60 |
| 0.45                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 2269.16        | 2779.14 | 3209.07 | 3587.85 | 3930.29 |
| 0.50                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 2521.29        | 3087.93 | 3565.64 | 3986.50 | 4366.99 |
| 0.55                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 2773.41        | 3396.72 | 3922.20 | 4385.15 | 4803.69 |
| 0.60                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 3025.54        | 3705.52 | 4278.76 | 4783.80 | 5240.39 |
| 0.64                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.36                             | 3207.94        | 3928.91 | 4536.72 | 5072.21 | 5556.32 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 45:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un Cd=0.45, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 630.32         | 771.98  | 891.41  | 996.63  | 1091.75 |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 945.48         | 1157.97 | 1337.11 | 1494.94 | 1637.62 |
| 0.20                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 1260.64        | 1543.97 | 1782.82 | 1993.25 | 2183.50 |
| 0.25                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 1575.80        | 1929.96 | 2228.52 | 2491.56 | 2729.37 |
| 0.30                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 1890.96        | 2315.95 | 2674.23 | 2989.88 | 3275.25 |
| 0.35                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 2206.12        | 2701.94 | 3119.93 | 3488.19 | 3821.12 |
| 0.40                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 2521.29        | 3087.93 | 3565.64 | 3986.50 | 4366.99 |
| 0.45                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 2836.45        | 3473.92 | 4011.34 | 4484.82 | 4912.87 |
| 0.50                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 3151.61        | 3859.91 | 4457.04 | 4983.23 | 5458.74 |
| 0.55                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 3466.77        | 4245.91 | 4902.75 | 5481.44 | 6004.62 |
| 0.60                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 3781.93        | 4631.90 | 5348.45 | 5979.75 | 6550.49 |
| 0.64                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.45                             | 4009.93        | 4911.14 | 5670.90 | 6340.26 | 6945.40 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 46:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un Cd=0.47, (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 651.33         | 797.72  | 921.12  | 1029.85 | 1128.14 |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 977.00         | 1196.57 | 1381.68 | 1544.77 | 1692.21 |
| 0.20                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 1302.66        | 1595.43 | 1842.25 | 2059.69 | 2256.28 |
| 0.25                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 1628.33        | 1994.29 | 2302.81 | 2574.62 | 2820.35 |
| 0.30                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 1954.00        | 2393.25 | 2763.37 | 3089.54 | 3384.42 |
| 0.35                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 2279.66        | 2792.00 | 3223.93 | 3604.46 | 3948.49 |
| 0.40                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 2605.33        | 3190.86 | 3684.49 | 4119.39 | 4512.56 |
| 0.45                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 2930.99        | 3589.72 | 4145.05 | 4634.31 | 5076.63 |
| 0.50                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 3256.66        | 3988.58 | 4605.61 | 5149.23 | 5640.70 |
| 0.55                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 3582.33        | 4387.44 | 5066.17 | 5664.16 | 6204.77 |
| 0.60                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 3907.99        | 4786.29 | 5526.74 | 6179.08 | 6768.84 |
| 0.64                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.47                             | 4143.60        | 5074.85 | 5859.93 | 6551.60 | 7176.92 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 47:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un  $C_d=0.49$ , (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 686.35         | 840.60  | 970.65  | 1085.21 | 1188.79 |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 1029.52        | 1260.91 | 1455.97 | 1627.82 | 1783.29 |
| 0.20                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 1372.70        | 1681.21 | 1941.29 | 2170.43 | 2377.59 |
| 0.25                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 1715.87        | 2101.51 | 2426.61 | 2713.04 | 2971.98 |
| 0.30                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 2059.05        | 2521.81 | 2911.94 | 3255.64 | 3566.38 |
| 0.35                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 2402.22        | 2942.11 | 3397.26 | 3798.25 | 4160.78 |
| 0.40                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 2745.40        | 3362.41 | 3882.58 | 4340.86 | 4755.17 |
| 0.45                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 3088.57        | 3782.72 | 4367.90 | 4883.47 | 5349.57 |
| 0.50                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 3431.75        | 4203.02 | 4853.23 | 5426.07 | 5943.96 |
| 0.55                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 3774.92        | 4623.32 | 5338.55 | 5968.68 | 6538.36 |
| 0.60                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 4118.10        | 5043.62 | 5823.87 | 6511.29 | 7132.76 |
| 0.64                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.49                             | 4366.37        | 5347.69 | 6174.98 | 6903.84 | 7562.77 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 48:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°01 y N°02, para un  $C_d=0.54$ , (A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 749.38         | 917.80  | 1059.79 | 1184.88 | 1297.97 |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 1124.07        | 1376.70 | 1589.68 | 1777.32 | 1946.95 |
| 0.20                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 1498.76        | 1835.60 | 2119.57 | 2369.75 | 2595.94 |
| 0.25                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 1873.46        | 2294.50 | 2649.47 | 2962.19 | 3244.92 |
| 0.30                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 2248.15        | 2753.41 | 3179.36 | 3554.63 | 3893.90 |
| 0.35                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 2622.84        | 3212.31 | 3709.25 | 4147.07 | 4542.89 |
| 0.40                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 2997.53        | 3671.21 | 4239.15 | 4739.51 | 5191.87 |
| 0.45                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 3372.22        | 4130.11 | 4769.04 | 5331.95 | 5840.85 |
| 0.50                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 3746.91        | 4589.01 | 5298.93 | 5924.39 | 6489.84 |
| 0.55                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 4121.60        | 5047.91 | 5828.82 | 6516.82 | 7138.82 |
| 0.60                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 4496.29        | 5506.81 | 6358.72 | 7109.26 | 7787.81 |
| 0.64                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.54                             | 4767.36        | 5838.80 | 6742.07 | 7537.86 | 8257.31 |

Fuente: Elaboración propia.

## **Anexo C2 (Compuerta de regulación N°03)**

**Tabla N° 49:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.08$ ,

(A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |        |        |        |        |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2      | 3      | 4      | 5      |
| 0.01                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 11.21          | 13.72  | 15.85  | 17.72  | 19.41  |
| 0.02                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 22.41          | 27.45  | 31.69  | 35.44  | 38.82  |
| 0.03                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 33.62          | 41.17  | 47.54  | 53.25  | 58.23  |
| 0.04                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 44.82          | 54.90  | 63.39  | 70.87  | 77.64  |
| 0.05                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 56.03          | 68.62  | 79.24  | 88.59  | 97.04  |
| 0.06                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 67.23          | 82.34  | 95.08  | 106.31 | 116.45 |
| 0.07                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 78.44          | 96.07  | 110.93 | 124.02 | 135.86 |
| 0.08                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 89.65          | 109.79 | 126.78 | 141.74 | 155.27 |
| 0.09                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 100.85         | 123.52 | 142.63 | 159.46 | 174.68 |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 112.06         | 137.24 | 158.47 | 177.18 | 194.09 |
| 0.11                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 123.26         | 150.97 | 174.32 | 194.90 | 213.50 |
| 0.12                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 134.47         | 164.69 | 190.17 | 212.61 | 232.91 |
| 0.13                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 145.67         | 178.41 | 206.01 | 230.33 | 252.32 |
| 0.14                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 156.88         | 192.14 | 221.86 | 248.05 | 271.72 |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.08                             | 166.54         | 203.96 | 235.52 | 263.32 | 288.45 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 50:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.21$ ,

(A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |        |        |        |        |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2      | 3      | 4      | 5      |
| 0.01                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 29.41          | 36.03  | 41.60  | 46.51  | 50.95  |
| 0.02                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 58.83          | 72.05  | 83.20  | 93.02  | 101.90 |
| 0.03                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 88.24          | 108.08 | 124.80 | 139.53 | 152.84 |
| 0.04                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 117.66         | 144.10 | 166.40 | 186.04 | 203.79 |
| 0.05                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 147.07         | 180.13 | 208.00 | 232.55 | 254.74 |
| 0.06                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 176.49         | 216.16 | 249.59 | 279.06 | 305.69 |
| 0.07                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 205.90         | 252.18 | 291.19 | 325.56 | 356.64 |
| 0.08                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 235.32         | 288.21 | 332.79 | 372.07 | 407.59 |
| 0.09                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 264.73         | 324.23 | 374.39 | 418.58 | 458.53 |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 294.15         | 360.26 | 415.99 | 465.09 | 509.48 |
| 0.11                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 323.56         | 396.28 | 457.59 | 511.60 | 560.43 |
| 0.12                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 352.98         | 432.31 | 499.19 | 558.11 | 611.38 |
| 0.13                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 382.39         | 468.34 | 540.79 | 604.62 | 662.33 |
| 0.14                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 411.81         | 504.36 | 582.39 | 651.13 | 713.28 |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.21                             | 437.16         | 535.41 | 618.23 | 691.21 | 757.18 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 51:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.31,  
(A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |        |        |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|--------|--------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2      | 3      | 4       | 5       |
| 0.01                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 43.42          | 53.28  | 61.41  | 68.66   | 75.21   |
| 0.02                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 86.84          | 106.36 | 122.82 | 137.31  | 150.42  |
| 0.03                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 130.27         | 159.54 | 184.22 | 205.97  | 225.63  |
| 0.04                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 173.69         | 212.72 | 245.63 | 274.63  | 300.84  |
| 0.05                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 217.11         | 265.91 | 307.04 | 343.28  | 376.05  |
| 0.06                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 260.53         | 319.09 | 368.45 | 411.94  | 451.26  |
| 0.07                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 303.95         | 372.27 | 429.86 | 480.59  | 526.47  |
| 0.08                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 347.38         | 425.45 | 491.27 | 549.25  | 601.67  |
| 0.09                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 390.80         | 478.63 | 552.67 | 617.91  | 676.88  |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 434.22         | 531.81 | 614.08 | 686.56  | 752.09  |
| 0.11                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 477.64         | 584.99 | 675.49 | 755.22  | 827.30  |
| 0.12                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 521.07         | 638.17 | 736.90 | 823.88  | 902.51  |
| 0.13                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 564.49         | 691.35 | 798.31 | 892.53  | 977.72  |
| 0.14                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 607.91         | 744.53 | 859.71 | 961.19  | 1052.93 |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.31                             | 645.33         | 790.36 | 912.63 | 1020.35 | 1117.74 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 52:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.40,  
(A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 0.01                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 56.03          | 68.62   | 79.24   | 88.59   | 97.04   |
| 0.02                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 112.06         | 137.24  | 158.47  | 177.18  | 194.09  |
| 0.03                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 168.09         | 205.86  | 237.71  | 265.77  | 291.13  |
| 0.04                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 224.11         | 274.48  | 316.95  | 354.36  | 388.18  |
| 0.05                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 280.14         | 343.20  | 396.18  | 442.94  | 485.22  |
| 0.06                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 336.17         | 411.72  | 475.42  | 531.53  | 582.27  |
| 0.07                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 392.20         | 480.34  | 554.65  | 620.12  | 679.31  |
| 0.08                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 448.23         | 548.97  | 633.89  | 708.71  | 776.35  |
| 0.09                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 504.26         | 617.59  | 713.13  | 797.30  | 873.40  |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 560.29         | 686.21  | 792.36  | 885.89  | 970.44  |
| 0.11                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 616.31         | 754.83  | 871.60  | 974.48  | 1067.49 |
| 0.12                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 672.34         | 823.45  | 950.84  | 1063.07 | 1164.53 |
| 0.13                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 728.37         | 892.07  | 1030.07 | 1151.66 | 1261.58 |
| 0.14                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 784.40         | 960.69  | 1109.31 | 1240.25 | 1358.62 |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.40                             | 832.68         | 1019.82 | 1177.59 | 1316.58 | 1442.24 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 53:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.44$ ,

(A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 0.01                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 61.63          | 75.48   | 87.16   | 97.45   | 106.75  |
| 0.02                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 123.26         | 150.97  | 174.32  | 194.90  | 213.50  |
| 0.03                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 184.89         | 226.45  | 261.48  | 292.34  | 320.25  |
| 0.04                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 246.53         | 301.93  | 348.64  | 389.79  | 427.00  |
| 0.05                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 308.16         | 377.41  | 435.80  | 487.24  | 533.74  |
| 0.06                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 369.79         | 452.90  | 522.96  | 584.69  | 640.49  |
| 0.07                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 431.42         | 528.38  | 610.12  | 682.13  | 747.24  |
| 0.08                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 493.05         | 603.86  | 697.28  | 779.58  | 853.99  |
| 0.09                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 554.68         | 679.34  | 784.44  | 877.03  | 960.74  |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 616.31         | 754.83  | 871.60  | 974.48  | 1067.49 |
| 0.11                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 677.95         | 830.31  | 958.76  | 1071.93 | 1174.24 |
| 0.12                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 739.58         | 905.79  | 1045.92 | 1169.37 | 1280.99 |
| 0.13                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 801.21         | 981.28  | 1133.08 | 1266.82 | 1387.73 |
| 0.14                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 862.84         | 1056.76 | 1220.24 | 1364.27 | 1494.48 |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.44                             | 915.95         | 1121.80 | 1295.35 | 1448.24 | 1586.47 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 54:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.46$ ,

(A) variable y Carga Hidráulica (H) constante.

| Área<br>(m <sup>2</sup> ) | Carga Hidráulica (m) |    |    |    |    | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 1                    | 2  | 3  | 4  | 5  |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 0.01                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 64.43          | 78.91   | 91.12   | 101.88  | 111.60  |
| 0.02                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 128.87         | 157.83  | 182.24  | 203.75  | 223.20  |
| 0.03                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 193.30         | 236.74  | 273.37  | 305.63  | 334.80  |
| 0.04                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 257.73         | 315.66  | 364.49  | 407.51  | 446.40  |
| 0.05                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 322.16         | 394.57  | 455.61  | 509.39  | 558.00  |
| 0.06                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 386.60         | 473.48  | 546.73  | 611.26  | 669.61  |
| 0.07                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 451.03         | 552.40  | 637.85  | 713.24  | 781.21  |
| 0.08                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 515.46         | 631.31  | 728.97  | 815.02  | 892.81  |
| 0.09                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 579.90         | 710.22  | 820.10  | 916.90  | 1004.41 |
| 0.10                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 644.33         | 789.14  | 911.22  | 1018.77 | 1116.01 |
| 0.11                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 708.76         | 868.05  | 1002.34 | 1120.65 | 1227.61 |
| 0.12                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 773.29         | 946.97  | 1093.46 | 1222.53 | 1339.21 |
| 0.13                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 837.63         | 1025.88 | 1184.58 | 1324.40 | 1450.81 |
| 0.14                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 902.06         | 1104.79 | 1275.71 | 1426.28 | 1562.41 |
| 0.15                      | 10                   | 15 | 20 | 25 | 30 | 0.46                             | 957.58         | 1172.79 | 1354.22 | 1514.07 | 1658.58 |

Fuente: Elaboración propia.

## **ANEXO D (Variación de caudal, carga hidráulica variable)**

**ANEXO D1 (Compuerta de regulación N°01 y N°02)**

**Tabla N° 55:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.08, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m<sup>2</sup>) constante.

| Carga Hidráulica (m) | Área (m <sup>2</sup> ) |      |      |      |      | Coeficiente de descarga Cd | Caudales (L/s) |        |        |        |         |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|----------------------------|----------------|--------|--------|--------|---------|
|                      | 1                      | 2    | 3    | 4    | 5    |                            | 1              | 2      | 3      | 4      | 5       |
| 10                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 112.06         | 224.11 | 336.17 | 448.23 | 712.88  |
| 12                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 122.75         | 245.50 | 368.26 | 491.01 | 780.92  |
| 14                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 132.59         | 265.18 | 397.76 | 530.35 | 843.49  |
| 16                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 141.74         | 283.48 | 425.23 | 566.97 | 901.73  |
| 18                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 150.34         | 300.68 | 451.02 | 601.36 | 956.42  |
| 20                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 158.47         | 316.95 | 475.42 | 633.89 | 1008.16 |
| 22                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 166.21         | 332.42 | 498.62 | 664.83 | 1057.37 |
| 24                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 173.60         | 347.20 | 520.79 | 694.39 | 1104.38 |
| 26                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 180.69         | 361.37 | 542.06 | 722.75 | 1149.48 |
| 28                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 187.51         | 375.01 | 562.52 | 750.03 | 1192.87 |
| 30                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 194.09         | 388.18 | 582.27 | 776.35 | 1234.74 |
| 32                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 200.45         | 400.91 | 601.36 | 801.82 | 1275.23 |
| 34                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 206.62         | 413.25 | 619.87 | 826.49 | 1314.48 |
| 36                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 212.61         | 425.23 | 637.84 | 850.45 | 1352.59 |
| 38                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 218.44         | 436.88 | 655.32 | 873.76 | 1389.65 |
| 40                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.08                       | 224.11         | 448.23 | 672.34 | 896.46 | 1425.75 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 56:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.18, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m<sup>2</sup>) constante.

| Carga Hidráulica (m) | Área (m <sup>2</sup> ) |      |      |      |      | Coeficiente de descarga Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|----------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                      | 1                      | 2    | 3    | 4    | 5    |                            | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 10                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 252.13         | 504.26  | 756.39  | 1008.51 | 1603.97 |
| 12                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 276.19         | 552.39  | 828.58  | 1104.77 | 1757.06 |
| 14                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 298.32         | 596.65  | 894.97  | 1193.29 | 1897.85 |
| 16                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 318.92         | 637.84  | 956.76  | 1275.68 | 2028.88 |
| 18                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 338.27         | 676.53  | 1014.80 | 1353.06 | 2151.95 |
| 20                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 356.56         | 713.23  | 1069.69 | 1426.25 | 2268.36 |
| 22                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 373.97         | 747.93  | 1121.90 | 1495.87 | 2379.08 |
| 24                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 390.60         | 781.19  | 1171.79 | 1562.38 | 2484.86 |
| 26                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 406.55         | 813.09  | 1219.64 | 1626.18 | 2586.33 |
| 28                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 421.89         | 843.78  | 1265.68 | 1687.57 | 2683.96 |
| 30                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 436.70         | 873.40  | 1310.10 | 1746.80 | 2778.16 |
| 32                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 451.02         | 902.04  | 1353.06 | 1804.08 | 2869.27 |
| 34                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 464.90         | 929.80  | 1394.71 | 1859.61 | 2957.58 |
| 36                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 478.38         | 956.76  | 1435.14 | 1913.52 | 3043.32 |
| 38                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 491.49         | 982.98  | 1474.47 | 1965.96 | 3126.72 |
| 40                   | 0.10                   | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.18                       | 504.26         | 1008.51 | 1512.77 | 2017.03 | 3207.94 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 57:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.27$ ,  
Carga Hidráulica (H) variable y Área ( $m^2$ ) constante.

| Carga<br>Hidráulica<br>(m) | Área ( $m^2$ ) |      |      |      |      | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|----------------------------|----------------|------|------|------|------|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                            | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 10                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 378.19         | 756.39  | 1134.58 | 1512.77 | 2405.96 |
| 12                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 414.29         | 828.58  | 1242.87 | 1657.16 | 2635.60 |
| 14                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 447.48         | 894.97  | 1342.45 | 1789.94 | 2846.77 |
| 16                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 478.38         | 956.76  | 1435.14 | 1913.52 | 3043.32 |
| 18                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 507.40         | 1014.80 | 1522.20 | 2029.60 | 3227.93 |
| 20                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 534.85         | 1069.69 | 1604.54 | 2139.38 | 3402.54 |
| 22                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 560.95         | 1121.90 | 1682.85 | 2243.80 | 3568.61 |
| 24                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 585.89         | 1171.79 | 1757.68 | 2343.58 | 3727.30 |
| 26                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 609.82         | 1219.64 | 1829.45 | 2439.27 | 3879.49 |
| 28                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 632.84         | 1265.68 | 1898.51 | 2531.35 | 4025.94 |
| 30                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 655.05         | 1310.10 | 1965.15 | 2620.20 | 4167.24 |
| 32                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 676.53         | 1353.06 | 2029.60 | 2706.13 | 4303.91 |
| 34                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 697.35         | 1394.71 | 2092.06 | 2789.41 | 4436.37 |
| 36                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 717.57         | 1435.14 | 2152.71 | 2870.28 | 4564.99 |
| 38                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 737.23         | 1474.47 | 2211.70 | 2948.93 | 4690.08 |
| 40                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.27                             | 756.39         | 1512.77 | 2269.16 | 3025.54 | 4811.92 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 58:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.36$ ,  
Carga Hidráulica (H) variable y Área ( $m^2$ ) constante.

| Carga<br>Hidráulica<br>(m) | Área ( $m^2$ ) |      |      |      |      | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|----------------------------|----------------|------|------|------|------|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                            | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 10                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 504.26         | 1008.51 | 1512.77 | 2017.03 | 3207.94 |
| 12                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 552.39         | 1104.77 | 1657.16 | 2209.54 | 3514.13 |
| 14                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 596.65         | 1193.29 | 1789.94 | 2386.58 | 3795.69 |
| 16                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 637.84         | 1275.68 | 1913.52 | 2551.36 | 4057.77 |
| 18                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 676.53         | 1353.06 | 2029.60 | 2706.13 | 4303.91 |
| 20                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 713.23         | 1426.25 | 2139.38 | 2852.51 | 4536.72 |
| 22                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 747.93         | 1495.87 | 2243.80 | 2991.74 | 4758.15 |
| 24                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 781.19         | 1562.38 | 2343.58 | 3124.77 | 4969.73 |
| 26                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 813.09         | 1626.18 | 2439.27 | 3252.36 | 5172.66 |
| 28                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 843.78         | 1687.57 | 2531.35 | 3375.13 | 5367.92 |
| 30                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 873.40         | 1746.80 | 2620.20 | 3493.60 | 5556.32 |
| 32                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 902.04         | 1804.08 | 2706.13 | 3608.17 | 5738.55 |
| 34                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 929.80         | 1859.61 | 2789.41 | 3719.22 | 5915.16 |
| 36                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 956.76         | 1913.52 | 2870.28 | 3827.04 | 6086.65 |
| 38                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 982.98         | 1965.96 | 2948.93 | 3931.91 | 6253.44 |
| 40                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.36                             | 1008.51        | 2017.03 | 3025.54 | 4034.06 | 6415.89 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 59:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.45$ ,  
Carga Hidráulica (H) variable y Área ( $m^2$ ) constante.

| Carga<br>Hidráulica<br>(m) | Área ( $m^2$ ) |      |      |      |      | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|----------------------------|----------------|------|------|------|------|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                            | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 10                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 630.32         | 1260.64 | 1890.96 | 2521.29 | 4009.93 |
| 12                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 690.48         | 1380.96 | 2071.45 | 2761.93 | 4392.66 |
| 14                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 745.81         | 1491.61 | 2237.42 | 2983.23 | 4744.61 |
| 16                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 797.30         | 1594.60 | 2391.90 | 3189.20 | 5072.21 |
| 18                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 845.66         | 1691.33 | 2536.99 | 3382.66 | 5379.89 |
| 20                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 891.41         | 1782.82 | 2674.23 | 3565.64 | 5670.90 |
| 22                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 934.92         | 1869.84 | 2804.75 | 3739.67 | 5947.69 |
| 24                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 976.49         | 1952.98 | 2929.47 | 3905.96 | 6212.16 |
| 26                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 1016.36        | 2032.73 | 3049.09 | 4065.45 | 6465.82 |
| 28                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 1054.73        | 2109.46 | 3164.19 | 4218.92 | 6709.90 |
| 30                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 1091.75        | 2183.50 | 3275.25 | 4366.99 | 6945.40 |
| 32                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 1127.55        | 2255.11 | 3382.66 | 4510.21 | 7173.28 |
| 34                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 1162.26        | 2324.51 | 3486.77 | 4649.02 | 7393.95 |
| 36                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 1195.95        | 2391.90 | 3587.85 | 4783.80 | 7608.31 |
| 38                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 1228.72        | 2457.45 | 3686.17 | 4914.89 | 7816.79 |
| 40                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.45                             | 1260.64        | 2521.29 | 3781.93 | 5042.57 | 8019.86 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 60:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.47$ ,  
Carga Hidráulica (H) variable y Área ( $m^2$ ) constante.

| Carga<br>Hidráulica<br>(m) | Área ( $m^2$ ) |      |      |      |      | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|----------------------------|----------------|------|------|------|------|----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                            | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |                                  | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 10                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 658.34         | 1316.67 | 1975.01 | 2633.34 | 4188.15 |
| 12                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 721.17         | 1442.34 | 2163.51 | 2884.68 | 4587.89 |
| 14                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 778.95         | 1557.91 | 2336.86 | 3115.81 | 4955.49 |
| 16                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 832.74         | 1665.47 | 2498.21 | 3330.94 | 5297.64 |
| 18                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 883.25         | 1766.50 | 2649.75 | 3533.00 | 5618.99 |
| 20                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 931.03         | 1862.05 | 2793.08 | 3724.11 | 5922.94 |
| 22                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 976.47         | 1952.94 | 2929.41 | 3905.88 | 6212.03 |
| 24                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 1019.89        | 2039.78 | 3059.67 | 4079.56 | 6488.25 |
| 26                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 1061.53        | 2123.07 | 3184.60 | 4246.14 | 6753.29 |
| 28                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 1101.61        | 2203.21 | 3304.82 | 4406.42 | 7008.12 |
| 30                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 1140.27        | 2280.54 | 3420.81 | 4561.08 | 7254.09 |
| 32                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 1177.67        | 2355.33 | 3533.00 | 4710.67 | 7491.99 |
| 34                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 1213.91        | 2427.82 | 3641.73 | 4855.64 | 7722.57 |
| 36                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 1249.10        | 2498.21 | 3747.31 | 4996.42 | 7946.46 |
| 38                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 1283.33        | 2566.66 | 3850.00 | 5133.33 | 8164.21 |
| 40                         | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.47                             | 1316.67        | 2633.34 | 3950.01 | 5266.69 | 8376.30 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 61:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.49$ ,  
Carga Hidráulica (H) variable y Área ( $m^2$ ) constante.

| Carga Hidráulica (m) | Área ( $m^2$ ) |      |      |      |      | Coeficiente de descarga $C_d$ | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|----------------------|----------------|------|------|------|------|-------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                      | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |                               | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 10                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 686.35         | 1372.70 | 2059.05 | 2745.40 | 4366.37 |
| 12                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 751.86         | 1503.72 | 2255.58 | 3007.43 | 4783.12 |
| 14                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 812.10         | 1624.20 | 2436.30 | 3248.40 | 5166.36 |
| 16                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 868.17         | 1736.34 | 2604.51 | 3472.69 | 5523.07 |
| 18                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 920.84         | 1841.67 | 2762.51 | 3683.34 | 5858.10 |
| 20                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 970.65         | 1941.29 | 2911.94 | 3882.58 | 6174.98 |
| 22                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 1018.02        | 2036.04 | 3054.06 | 4072.09 | 6476.37 |
| 24                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 1063.29        | 2126.58 | 3189.87 | 4253.15 | 6764.35 |
| 26                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 1106.71        | 2213.41 | 3320.12 | 4426.82 | 7040.56 |
| 28                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 1148.48        | 2296.97 | 3445.45 | 4593.93 | 7306.33 |
| 30                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 1188.79        | 2377.59 | 3566.38 | 4755.17 | 7562.77 |
| 32                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 1227.78        | 2455.56 | 3683.34 | 4911.12 | 7810.80 |
| 34                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 1265.57        | 2531.13 | 3796.70 | 5062.27 | 8051.19 |
| 36                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 1302.26        | 2604.51 | 3906.77 | 5209.03 | 8284.60 |
| 38                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 1337.94        | 2675.88 | 4013.83 | 5351.77 | 8511.62 |
| 40                   | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.49                          | 1372.70        | 2745.40 | 4118.10 | 5490.80 | 8732.74 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 62:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.54$ ,  
Carga Hidráulica (H) variable y Área ( $m^2$ ) constante.

| Carga Hidráulica (m2) | Área ( $m^2$ ) |      |      |      |      | Coeficiente de descarga $C_d$ | Caudales (L/s) |         |         |         |         |
|-----------------------|----------------|------|------|------|------|-------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
|                       | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |                               | 1              | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 10                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 756.39         | 1512.77 | 2269.16 | 3025.54 | 4811.92 |
| 12                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 828.58         | 1657.16 | 2485.74 | 3314.32 | 5271.19 |
| 14                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 894.97         | 1789.94 | 2684.90 | 3579.87 | 5693.54 |
| 16                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 956.76         | 1913.52 | 2870.28 | 3827.04 | 6086.65 |
| 18                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1014.80        | 2029.60 | 3044.39 | 4059.19 | 6455.86 |
| 20                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1069.69        | 2139.38 | 3209.07 | 4278.76 | 6805.08 |
| 22                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1121.90        | 2243.80 | 3365.70 | 4487.60 | 7137.23 |
| 24                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1171.79        | 2343.58 | 3515.36 | 4687.15 | 7454.59 |
| 26                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1219.64        | 2439.27 | 3658.91 | 4878.54 | 7758.98 |
| 28                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1265.68        | 2531.35 | 3797.03 | 5062.70 | 8051.88 |
| 30                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1310.10        | 2620.20 | 3930.29 | 5240.39 | 8334.49 |
| 32                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1353.06        | 2706.13 | 4059.19 | 5412.25 | 8607.82 |
| 34                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1394.71        | 2789.41 | 4184.12 | 5578.82 | 8872.74 |
| 36                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1435.14        | 2870.28 | 4305.42 | 5740.56 | 9129.97 |
| 38                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1474.47        | 2948.93 | 4423.40 | 5897.87 | 9380.15 |
| 40                    | 0.10           | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.64 | 0.54                          | 1512.77        | 3025.54 | 4538.31 | 6051.08 | 9623.83 |

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO D2 (Compuerta de regulación N°03)**

**Tabla N° 63: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.08, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m<sup>2</sup>) constante.**

| Carga Hidráulica (m) | Área (m <sup>2</sup> ) |      |      |      |      | Coeficiente de descarga Cd | Caudales (L/s) |        |        |        |        |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|----------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|
|                      | 1                      | 2    | 3    | 4    | 5    |                            | 1              | 2      | 3      | 4      | 5      |
| 10                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 11.21          | 56.03  | 112.06 | 140.07 | 166.54 |
| 12                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 12.28          | 61.38  | 122.75 | 153.44 | 182.43 |
| 14                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 13.26          | 66.29  | 132.59 | 165.73 | 197.05 |
| 16                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 14.17          | 70.87  | 141.74 | 177.18 | 210.65 |
| 18                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 15.03          | 75.17  | 150.34 | 187.93 | 223.43 |
| 20                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 15.85          | 79.24  | 158.47 | 198.09 | 235.52 |
| 22                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 16.62          | 83.20  | 166.21 | 207.76 | 247.01 |
| 24                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 17.36          | 86.80  | 173.60 | 217.00 | 258.00 |
| 26                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 18.07          | 90.34  | 180.69 | 225.86 | 268.53 |
| 28                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 18.75          | 93.75  | 187.51 | 234.38 | 278.67 |
| 30                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 19.41          | 97.04  | 194.09 | 242.61 | 288.45 |
| 32                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 20.05          | 100.23 | 200.45 | 250.57 | 297.91 |
| 34                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 20.66          | 103.31 | 206.62 | 258.28 | 307.08 |
| 36                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 21.26          | 106.31 | 212.61 | 265.77 | 315.98 |
| 38                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 21.84          | 109.22 | 218.44 | 273.05 | 324.64 |
| 40                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.08                       | 22.41          | 112.06 | 224.11 | 280.14 | 333.07 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 64: Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un Cd=0.21, Carga Hidráulica (H) variable y Área (m<sup>2</sup>) constante.**

| Carga Hidráulica (m) | Área (m <sup>2</sup> ) |      |      |      |      | Coeficiente de descarga Cd | Caudales (L/s) |        |        |        |        |
|----------------------|------------------------|------|------|------|------|----------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|
|                      | 1                      | 2    | 3    | 4    | 5    |                            | 1              | 2      | 3      | 4      | 5      |
| 10                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 29.41          | 147.07 | 294.15 | 367.69 | 437.16 |
| 12                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 32.22          | 161.11 | 322.23 | 402.78 | 478.88 |
| 14                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 34.80          | 174.02 | 348.04 | 435.05 | 517.25 |
| 16                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 37.21          | 186.04 | 372.07 | 465.09 | 552.96 |
| 18                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 39.46          | 197.32 | 394.64 | 493.30 | 586.51 |
| 20                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 41.60          | 208.00 | 415.99 | 519.99 | 618.23 |
| 22                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 43.63          | 218.15 | 436.29 | 545.37 | 648.41 |
| 24                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 45.57          | 227.85 | 455.70 | 569.62 | 677.24 |
| 26                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 47.43          | 237.15 | 474.30 | 592.88 | 704.89 |
| 28                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 49.22          | 246.10 | 492.21 | 615.26 | 731.50 |
| 30                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 50.95          | 254.74 | 509.48 | 636.85 | 757.18 |
| 32                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 52.62          | 263.20 | 526.19 | 657.74 | 782.01 |
| 34                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 54.24          | 271.19 | 542.39 | 677.98 | 806.08 |
| 36                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 55.81          | 279.06 | 558.11 | 697.64 | 829.45 |
| 38                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 57.34          | 286.70 | 573.40 | 716.75 | 852.18 |
| 40                   | 0.01                   | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.21                       | 58.83          | 294.15 | 588.30 | 735.37 | 874.31 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 65:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.31$ , Carga Hidráulica (H) variable y Área ( $m^2$ ) constante.

| Carga Hidráulica (m) | Área ( $m^2$ ) |      |      |      |      | Coeficiente de descarga $C_d$ | Caudales (L/s) |        |        |         |         |
|----------------------|----------------|------|------|------|------|-------------------------------|----------------|--------|--------|---------|---------|
|                      | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |                               | 1              | 2      | 3      | 4       | 5       |
| 10                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 43.42          | 217.11 | 434.22 | 542.78  | 645.33  |
| 12                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 47.57          | 237.83 | 475.67 | 594.58  | 706.92  |
| 14                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 51.38          | 256.89 | 513.78 | 642.22  | 763.56  |
| 16                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 54.93          | 274.63 | 549.25 | 686.56  | 816.28  |
| 18                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 58.26          | 291.28 | 582.57 | 728.21  | 865.80  |
| 20                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 61.41          | 307.04 | 614.08 | 767.60  | 912.63  |
| 22                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 64.41          | 322.03 | 644.05 | 805.07  | 957.17  |
| 24                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 67.27          | 336.35 | 672.69 | 840.87  | 999.74  |
| 26                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 70.02          | 350.08 | 700.16 | 875.20  | 1040.56 |
| 28                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 72.66          | 363.30 | 726.59 | 908.24  | 1079.84 |
| 30                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 75.21          | 376.05 | 752.09 | 940.12  | 1117.74 |
| 32                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 77.68          | 388.38 | 776.76 | 970.95  | 1154.40 |
| 34                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 80.07          | 400.33 | 800.66 | 1000.83 | 1189.92 |
| 36                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 82.39          | 411.94 | 823.88 | 1029.85 | 1224.42 |
| 38                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 84.65          | 423.23 | 846.45 | 1058.07 | 1257.97 |
| 40                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.31                          | 86.84          | 434.22 | 868.44 | 1085.55 | 1290.65 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 66:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.44$ , Carga Hidráulica (H) variable y Área ( $m^2$ ) constante.

| Carga Hidráulica (m) | Área ( $m^2$ ) |      |      |      |      | Coeficiente de descarga $C_d$ | Caudales (L/s) |        |         |         |         |
|----------------------|----------------|------|------|------|------|-------------------------------|----------------|--------|---------|---------|---------|
|                      | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |                               | 1              | 2      | 3       | 4       | 5       |
| 10                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 56.03          | 280.14 | 560.29  | 700.36  | 832.68  |
| 12                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 61.38          | 306.88 | 613.76  | 767.20  | 912.15  |
| 14                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 66.29          | 331.47 | 662.94  | 828.67  | 985.24  |
| 16                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 70.87          | 354.36 | 708.71  | 885.89  | 1053.27 |
| 18                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 75.17          | 375.85 | 751.70  | 939.63  | 1117.16 |
| 20                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 79.24          | 396.18 | 792.36  | 990.45  | 1177.59 |
| 22                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 83.20          | 415.52 | 831.04  | 1038.80 | 1235.06 |
| 24                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 86.80          | 434.00 | 867.99  | 1084.99 | 1289.98 |
| 26                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 90.34          | 451.72 | 903.43  | 1129.29 | 1342.66 |
| 28                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 93.75          | 468.77 | 937.54  | 1171.92 | 1393.34 |
| 30                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 97.04          | 485.22 | 970.44  | 1213.05 | 1442.24 |
| 32                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 100.23         | 501.13 | 1002.27 | 1252.84 | 1489.54 |
| 34                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 103.31         | 516.56 | 1033.21 | 1291.39 | 1535.39 |
| 36                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 106.31         | 531.53 | 1063.07 | 1328.83 | 1579.90 |
| 38                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 109.22         | 546.10 | 1092.20 | 1365.25 | 1623.29 |
| 40                   | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.40                          | 112.06         | 560.29 | 1120.57 | 1400.71 | 1665.36 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 67:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.44$ ,  
Carga Hidráulica (H) variable y Área ( $m^2$ ) constante.

| Carga<br>Hidráulica<br>(m) | Área ( $m^2$ ) |      |      |      |      | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |        |         |         |         |
|----------------------------|----------------|------|------|------|------|----------------------------------|----------------|--------|---------|---------|---------|
|                            | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |                                  | 1              | 2      | 3       | 4       | 5       |
| 10                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 61.63          | 308.16 | 616.31  | 770.39  | 915.95  |
| 12                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 67.51          | 337.57 | 675.14  | 843.92  | 1003.37 |
| 14                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 72.92          | 364.62 | 729.23  | 911.54  | 1083.76 |
| 16                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 77.96          | 389.79 | 779.58  | 974.48  | 1158.59 |
| 18                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 82.69          | 413.44 | 826.87  | 1033.59 | 1228.87 |
| 20                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 87.16          | 435.80 | 871.60  | 1089.50 | 1295.35 |
| 22                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 91.41          | 457.07 | 914.14  | 1142.68 | 1358.57 |
| 24                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 95.48          | 477.39 | 954.79  | 1193.49 | 1418.98 |
| 26                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 99.38          | 496.89 | 993.78  | 1242.22 | 1476.92 |
| 28                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 103.23         | 515.65 | 1031.29 | 1289.11 | 1532.67 |
| 30                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 106.75         | 533.74 | 1067.49 | 1334.36 | 1586.47 |
| 32                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 110.25         | 551.25 | 1102.50 | 1378.12 | 1638.50 |
| 34                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 113.64         | 568.21 | 1136.43 | 1420.53 | 1688.92 |
| 36                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 116.94         | 584.69 | 1169.37 | 1461.72 | 1737.89 |
| 38                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 120.14         | 600.71 | 1201.42 | 1501.77 | 1785.51 |
| 40                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.44                             | 123.26         | 616.31 | 1232.63 | 1540.79 | 1831.89 |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 68:** Variación de caudal de la compuerta de regulación N°03, para un  $C_d=0.46$ ,  
Carga Hidráulica (H) variable y Área ( $m^2$ ) constante.

| Carga<br>Hidráulica<br>(m) | Área ( $m^2$ ) |      |      |      |      | Coeficiente<br>de descarga<br>Cd | Caudales (L/s) |        |         |         |         |
|----------------------------|----------------|------|------|------|------|----------------------------------|----------------|--------|---------|---------|---------|
|                            | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |                                  | 1              | 2      | 3       | 4       | 5       |
| 10                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 64.43          | 322.16 | 644.33  | 805.41  | 957.58  |
| 12                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 70.58          | 352.91 | 705.83  | 882.28  | 1048.98 |
| 14                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 76.24          | 381.19 | 762.38  | 952.97  | 1133.03 |
| 16                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 81.50          | 407.51 | 815.02  | 1018.77 | 1211.26 |
| 18                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 86.45          | 432.23 | 864.46  | 1080.57 | 1284.73 |
| 20                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 91.12          | 455.61 | 911.22  | 1139.02 | 1354.22 |
| 22                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 95.57          | 477.85 | 955.69  | 1194.62 | 1420.32 |
| 24                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 99.82          | 499.09 | 998.19  | 1247.74 | 1483.48 |
| 26                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 103.89         | 519.47 | 1038.95 | 1298.69 | 1544.05 |
| 28                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 107.82         | 539.08 | 1078.17 | 1347.71 | 1602.34 |
| 30                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 111.60         | 558.00 | 1116.01 | 1395.01 | 1658.58 |
| 32                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 115.26         | 576.30 | 1152.61 | 1440.76 | 1712.97 |
| 34                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 118.81         | 594.04 | 1188.08 | 1485.10 | 1765.69 |
| 36                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 122.25         | 611.26 | 1222.53 | 1528.16 | 1816.88 |
| 38                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 125.60         | 628.01 | 1256.03 | 1570.03 | 1866.67 |
| 40                         | 0.01           | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.46                             | 128.87         | 644.33 | 1288.66 | 1610.82 | 1915.16 |

Fuente: Elaboración propia.

## **ANEXO E (Variación del área según el porcentaje de apertura)**

**Tabla N° 69: Variación de área según el porcentaje de apertura, compuerta de regulación N°01 y N°02.**

| %Ap. | Área (m <sup>2</sup> ) | %Ap. | Área (m <sup>2</sup> ) | %Ap. | Área (m <sup>2</sup> ) |
|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|
| 10%  | 0.064                  | 41%  | 0.261                  | 72%  | 0.458                  |
| 11%  | 0.070                  | 42%  | 0.267                  | 73%  | 0.464                  |
| 12%  | 0.076                  | 43%  | 0.274                  | 74%  | 0.471                  |
| 13%  | 0.083                  | 44%  | 0.280                  | 75%  | 0.477                  |
| 14%  | 0.089                  | 45%  | 0.286                  | 76%  | 0.483                  |
| 15%  | 0.095                  | 46%  | 0.293                  | 77%  | 0.490                  |
| 16%  | 0.102                  | 47%  | 0.299                  | 78%  | 0.496                  |
| 17%  | 0.108                  | 48%  | 0.305                  | 79%  | 0.503                  |
| 18%  | 0.115                  | 49%  | 0.312                  | 80%  | 0.509                  |
| 19%  | 0.121                  | 50%  | 0.318                  | 81%  | 0.515                  |
| 20%  | 0.127                  | 51%  | 0.324                  | 82%  | 0.522                  |
| 21%  | 0.134                  | 52%  | 0.331                  | 83%  | 0.528                  |
| 22%  | 0.140                  | 53%  | 0.337                  | 84%  | 0.534                  |
| 23%  | 0.146                  | 54%  | 0.344                  | 85%  | 0.541                  |
| 24%  | 0.153                  | 55%  | 0.350                  | 86%  | 0.547                  |
| 25%  | 0.159                  | 56%  | 0.356                  | 87%  | 0.553                  |
| 26%  | 0.165                  | 57%  | 0.363                  | 88%  | 0.560                  |
| 27%  | 0.172                  | 58%  | 0.369                  | 89%  | 0.566                  |
| 28%  | 0.178                  | 59%  | 0.375                  | 90%  | 0.573                  |
| 29%  | 0.184                  | 60%  | 0.382                  | 91%  | 0.579                  |
| 30%  | 0.191                  | 61%  | 0.388                  | 92%  | 0.585                  |
| 31%  | 0.197                  | 62%  | 0.394                  | 93%  | 0.592                  |
| 32%  | 0.204                  | 63%  | 0.401                  | 94%  | 0.598                  |
| 33%  | 0.210                  | 64%  | 0.407                  | 95%  | 0.604                  |
| 34%  | 0.216                  | 65%  | 0.414                  | 96%  | 0.611                  |
| 35%  | 0.223                  | 66%  | 0.420                  | 97%  | 0.617                  |
| 36%  | 0.229                  | 67%  | 0.426                  | 98%  | 0.623                  |
| 37%  | 0.235                  | 68%  | 0.433                  | 99%  | 0.630                  |
| 38%  | 0.242                  | 69%  | 0.439                  | 100% | 0.636                  |
| 39%  | 0.248                  | 70%  | 0.445                  |      |                        |
| 40%  | 0.254                  | 71%  | 0.452                  |      |                        |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 70: variación de área según el porcentaje de apertura, compuerta de regulación N°03.**

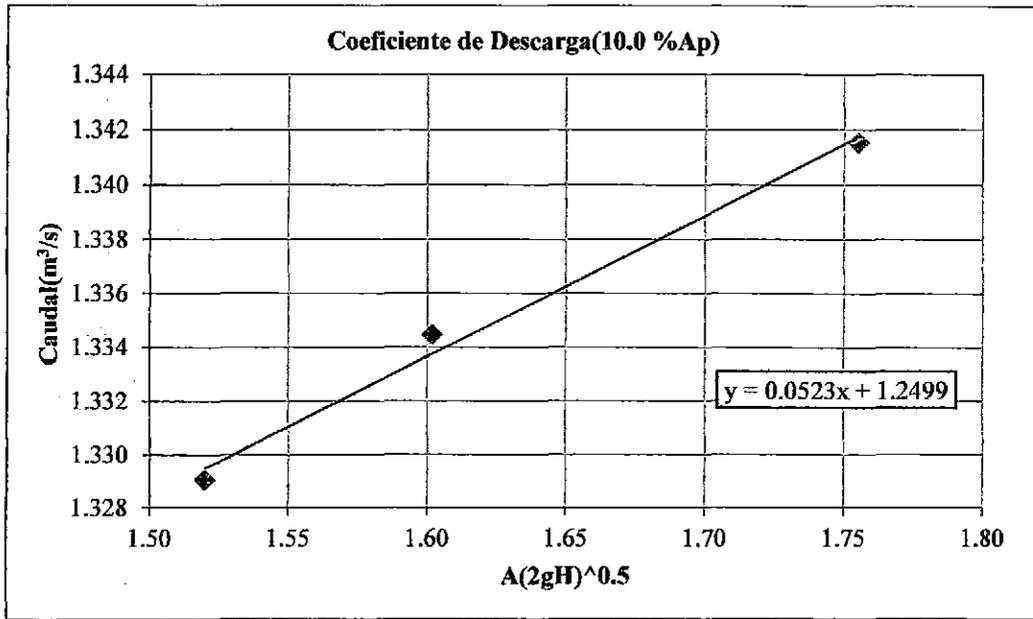
| %Ap. | Área (m <sup>2</sup> ) | %Ap. | Área (m <sup>2</sup> ) | %Ap. | Área (m <sup>2</sup> ) |
|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|
| 10%  | 0.015                  | 41%  | 0.061                  | 72%  | 0.107                  |
| 11%  | 0.016                  | 42%  | 0.062                  | 73%  | 0.108                  |
| 12%  | 0.018                  | 43%  | 0.064                  | 74%  | 0.110                  |
| 13%  | 0.019                  | 44%  | 0.065                  | 75%  | 0.111                  |
| 14%  | 0.021                  | 45%  | 0.067                  | 76%  | 0.113                  |
| 15%  | 0.022                  | 46%  | 0.068                  | 77%  | 0.114                  |
| 16%  | 0.024                  | 47%  | 0.070                  | 78%  | 0.116                  |
| 17%  | 0.025                  | 48%  | 0.071                  | 79%  | 0.117                  |
| 18%  | 0.027                  | 49%  | 0.073                  | 80%  | 0.119                  |
| 19%  | 0.028                  | 50%  | 0.074                  | 81%  | 0.120                  |
| 20%  | 0.030                  | 51%  | 0.076                  | 82%  | 0.122                  |
| 21%  | 0.031                  | 52%  | 0.077                  | 83%  | 0.123                  |
| 22%  | 0.033                  | 53%  | 0.079                  | 84%  | 0.125                  |
| 23%  | 0.034                  | 54%  | 0.080                  | 85%  | 0.126                  |
| 24%  | 0.036                  | 55%  | 0.082                  | 86%  | 0.128                  |
| 25%  | 0.037                  | 56%  | 0.083                  | 87%  | 0.129                  |
| 26%  | 0.039                  | 57%  | 0.085                  | 88%  | 0.131                  |
| 27%  | 0.040                  | 58%  | 0.086                  | 89%  | 0.132                  |
| 28%  | 0.042                  | 59%  | 0.088                  | 90%  | 0.134                  |
| 29%  | 0.043                  | 60%  | 0.089                  | 91%  | 0.135                  |
| 30%  | 0.045                  | 61%  | 0.091                  | 92%  | 0.137                  |
| 31%  | 0.046                  | 62%  | 0.092                  | 93%  | 0.138                  |
| 32%  | 0.048                  | 63%  | 0.094                  | 94%  | 0.140                  |
| 33%  | 0.049                  | 64%  | 0.095                  | 95%  | 0.141                  |
| 34%  | 0.051                  | 65%  | 0.097                  | 96%  | 0.143                  |
| 35%  | 0.052                  | 66%  | 0.098                  | 97%  | 0.144                  |
| 36%  | 0.054                  | 67%  | 0.100                  | 98%  | 0.146                  |
| 37%  | 0.055                  | 68%  | 0.101                  | 99%  | 0.147                  |
| 38%  | 0.056                  | 69%  | 0.103                  | 100% | 0.149                  |
| 39%  | 0.058                  | 70%  | 0.104                  |      |                        |
| 40%  | 0.059                  | 71%  | 0.106                  |      |                        |

Fuente: Elaboración propia.

## **ANEXO F (Determinación del coeficiente de descarga 2<sup>do</sup> método)**

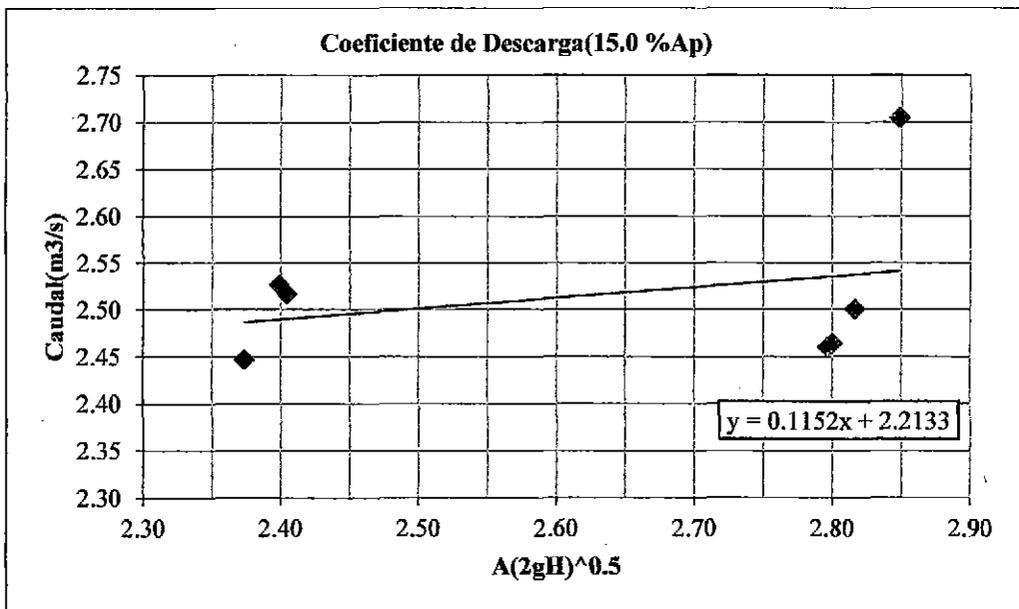
**ANEXO F1 (Compuerta de regulación N°01 y N°02)**

Figura N° 107: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 10.0%



Fuente: Elaboración propia.

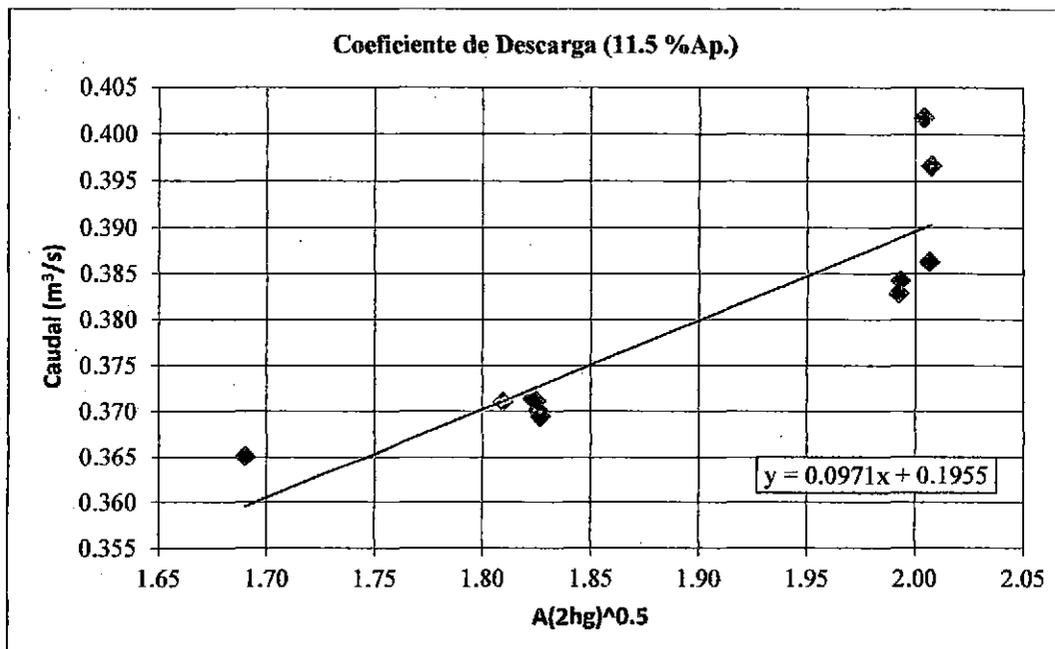
Figura N° 108: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 11.5%



Fuente: Elaboración propia.

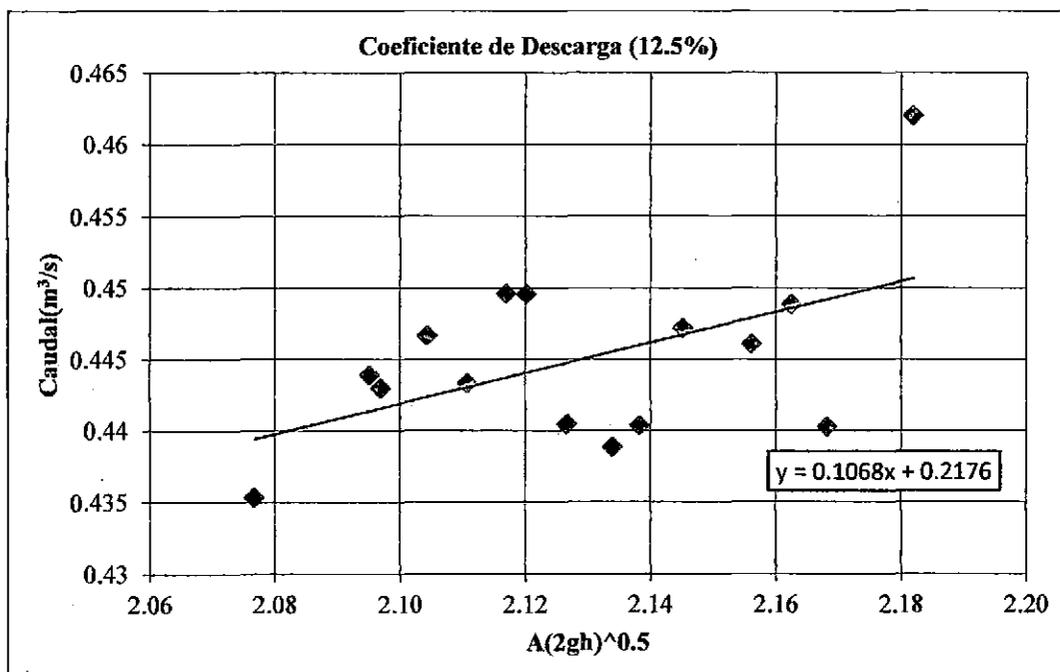
**ANEXO F2 (Compuerta de regulación N°03)**

**Figura N° 109: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 11.5%**



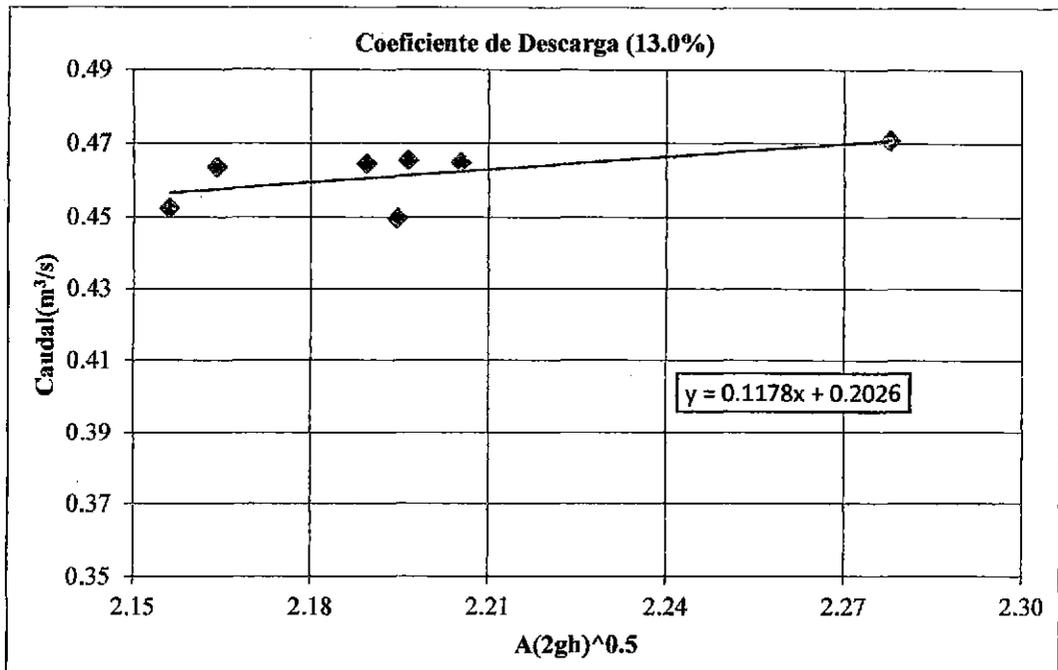
Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 110: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 12.5%**



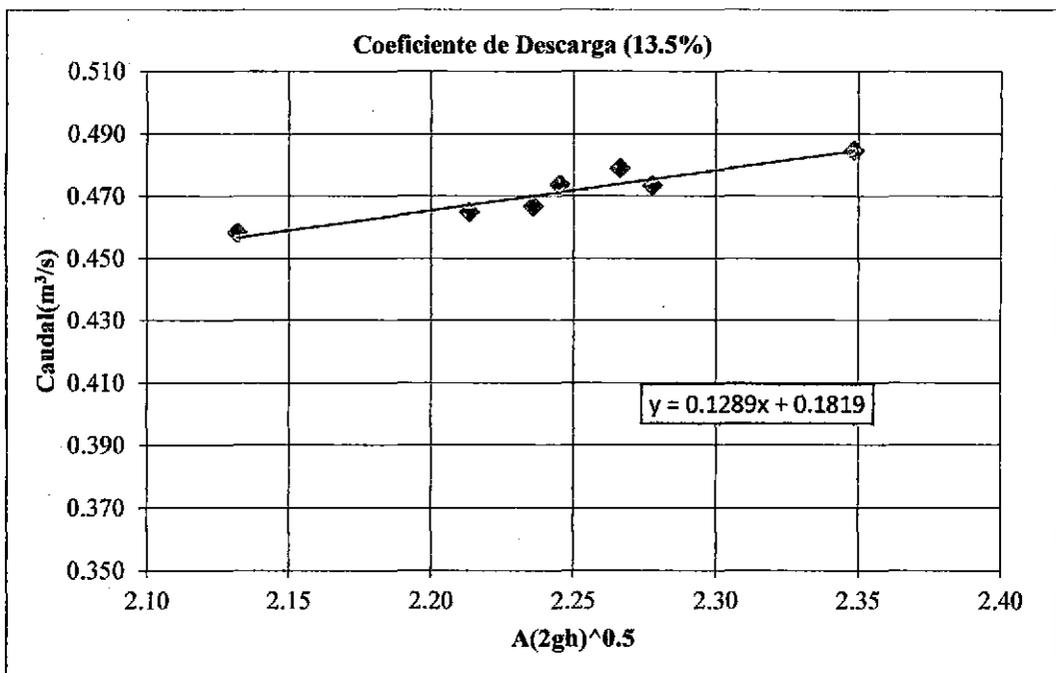
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 111: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 13.0%



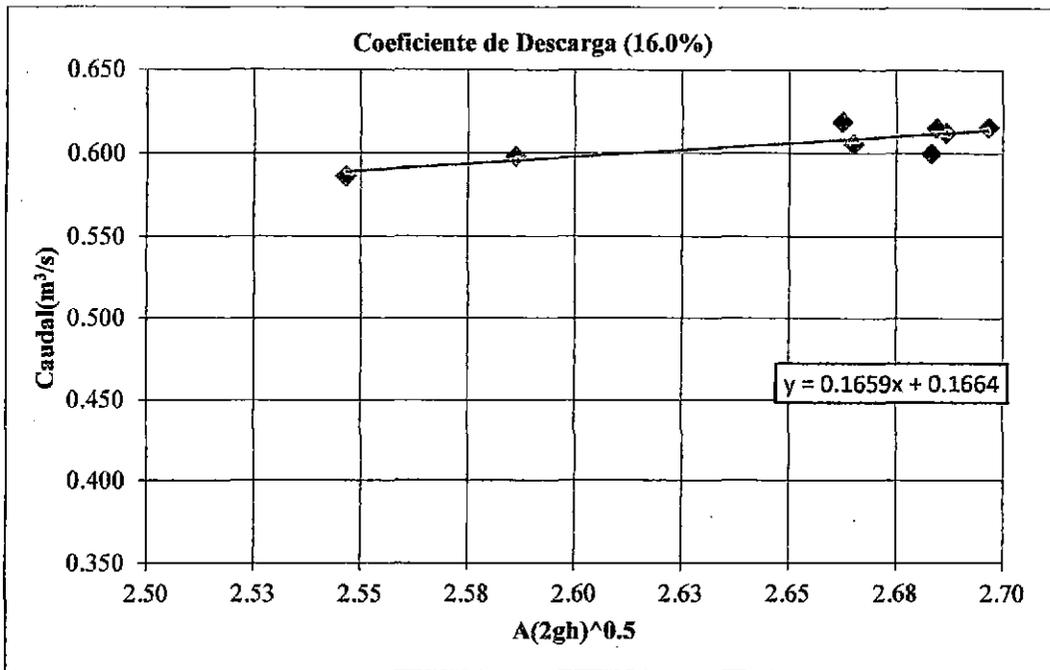
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 112: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 13.5%



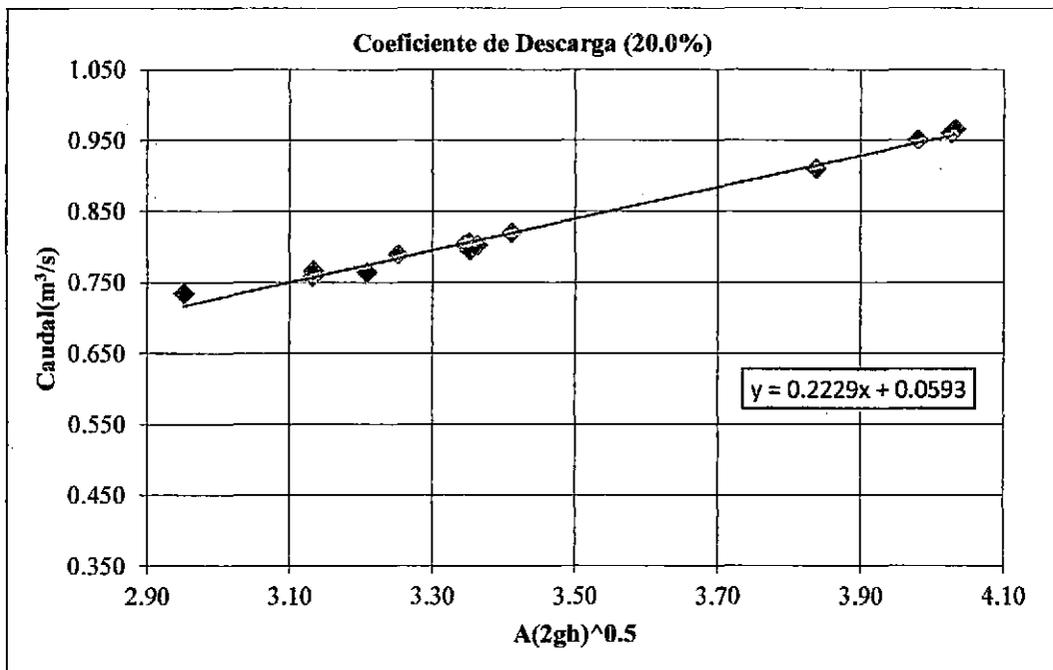
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 113: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 16.0%



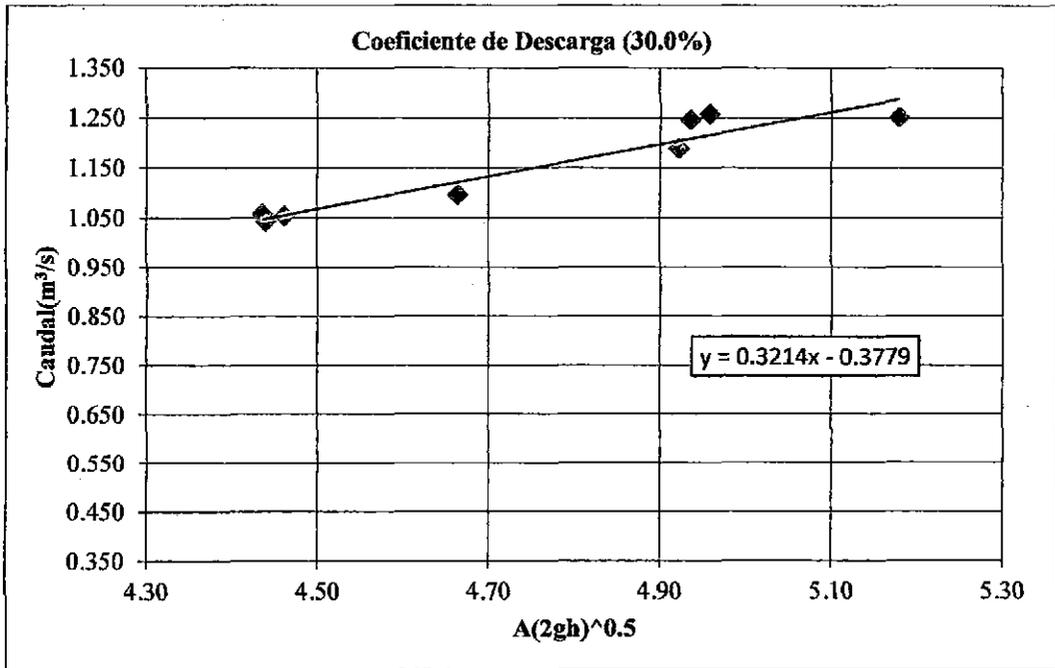
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 114: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 20.0%



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 115: Determinación del coeficiente de descarga, %Ap de 30.0%



Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO G (Familia de curvas carga hidráulica vs Caudal)**

**ANEXO G1 (Compuerta de Regulación N°01 y N°02)**

Figura N° 116: Familia de curvas Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s)

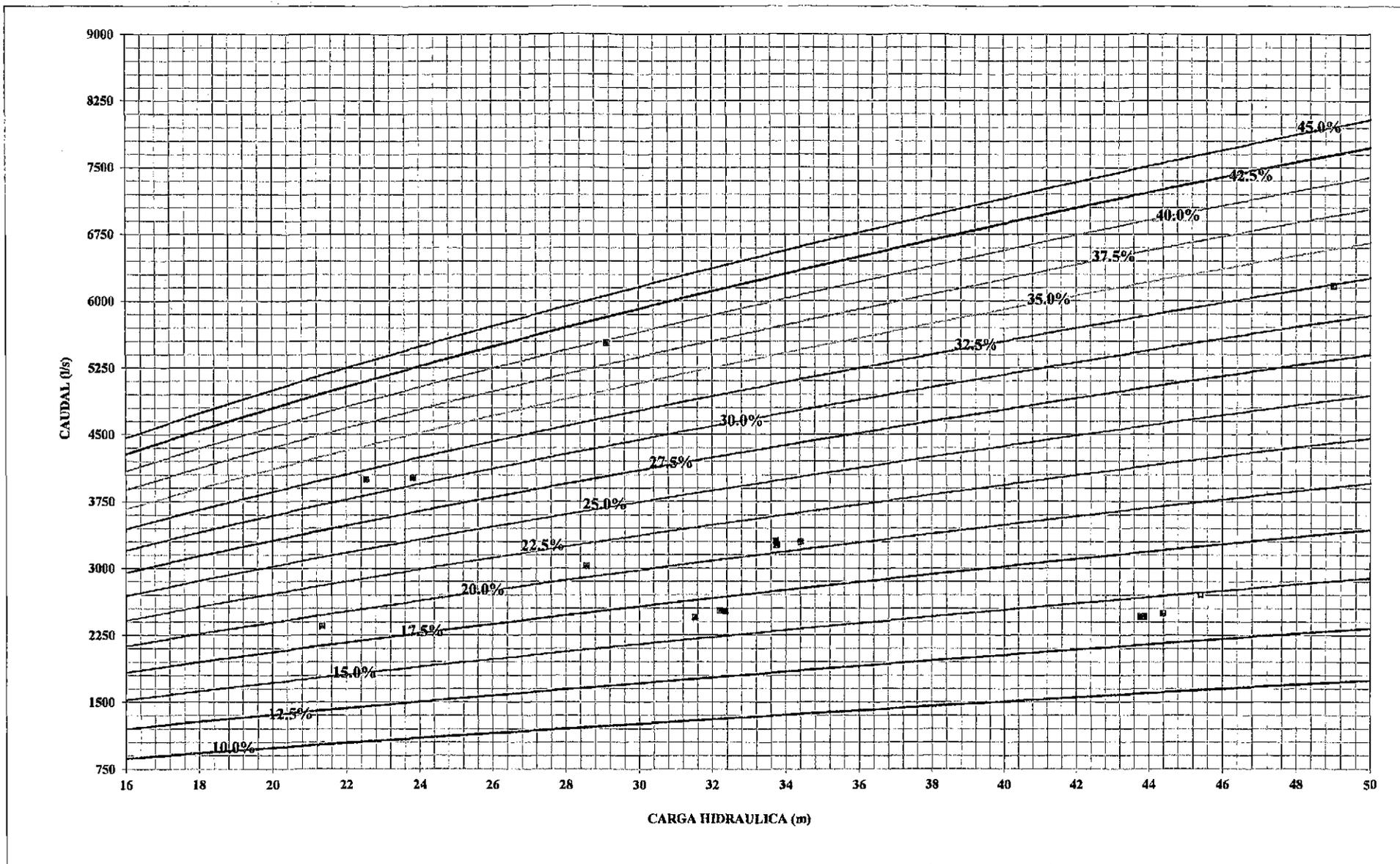


Figura Nº 117: Familia de curvas Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s)

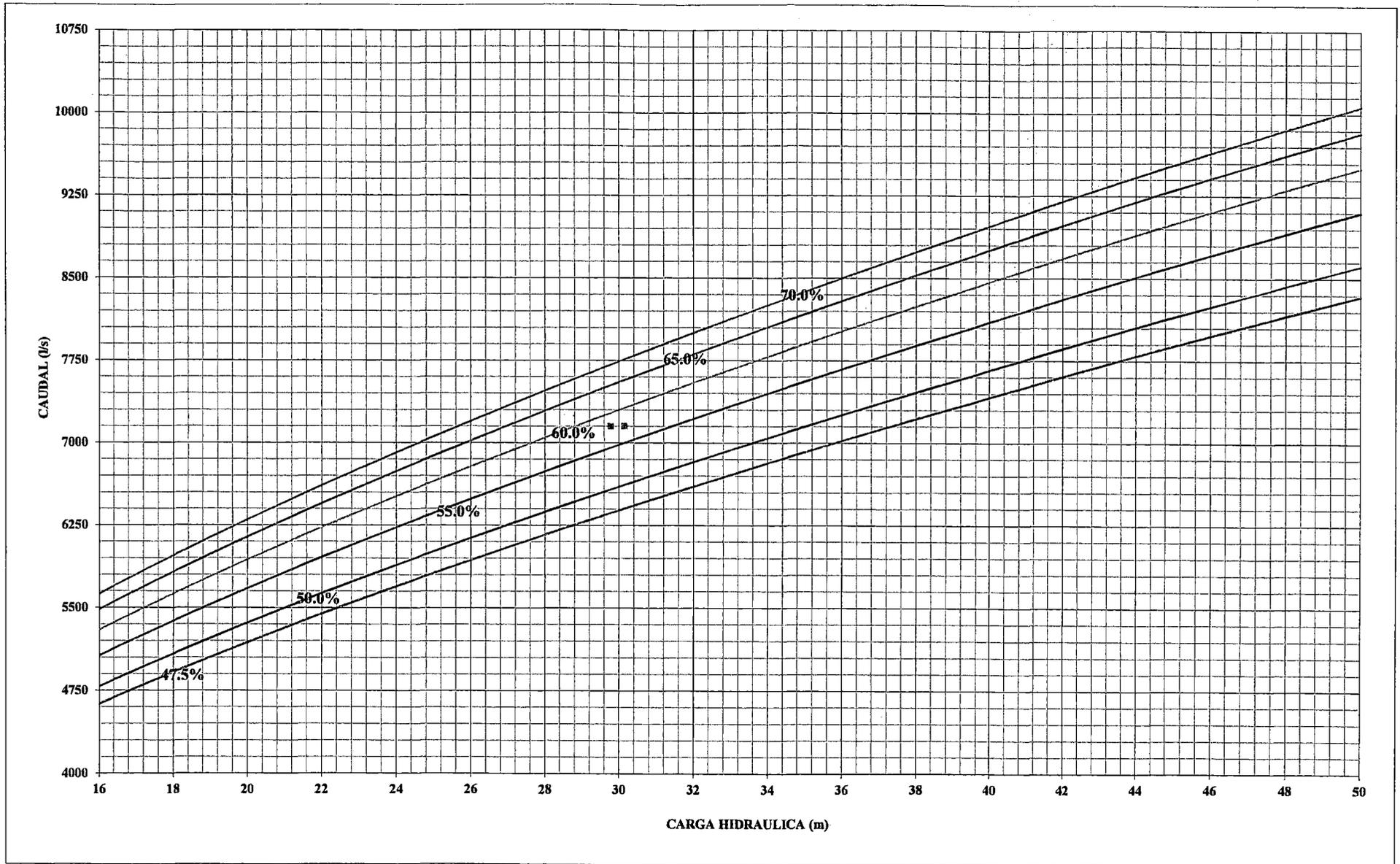
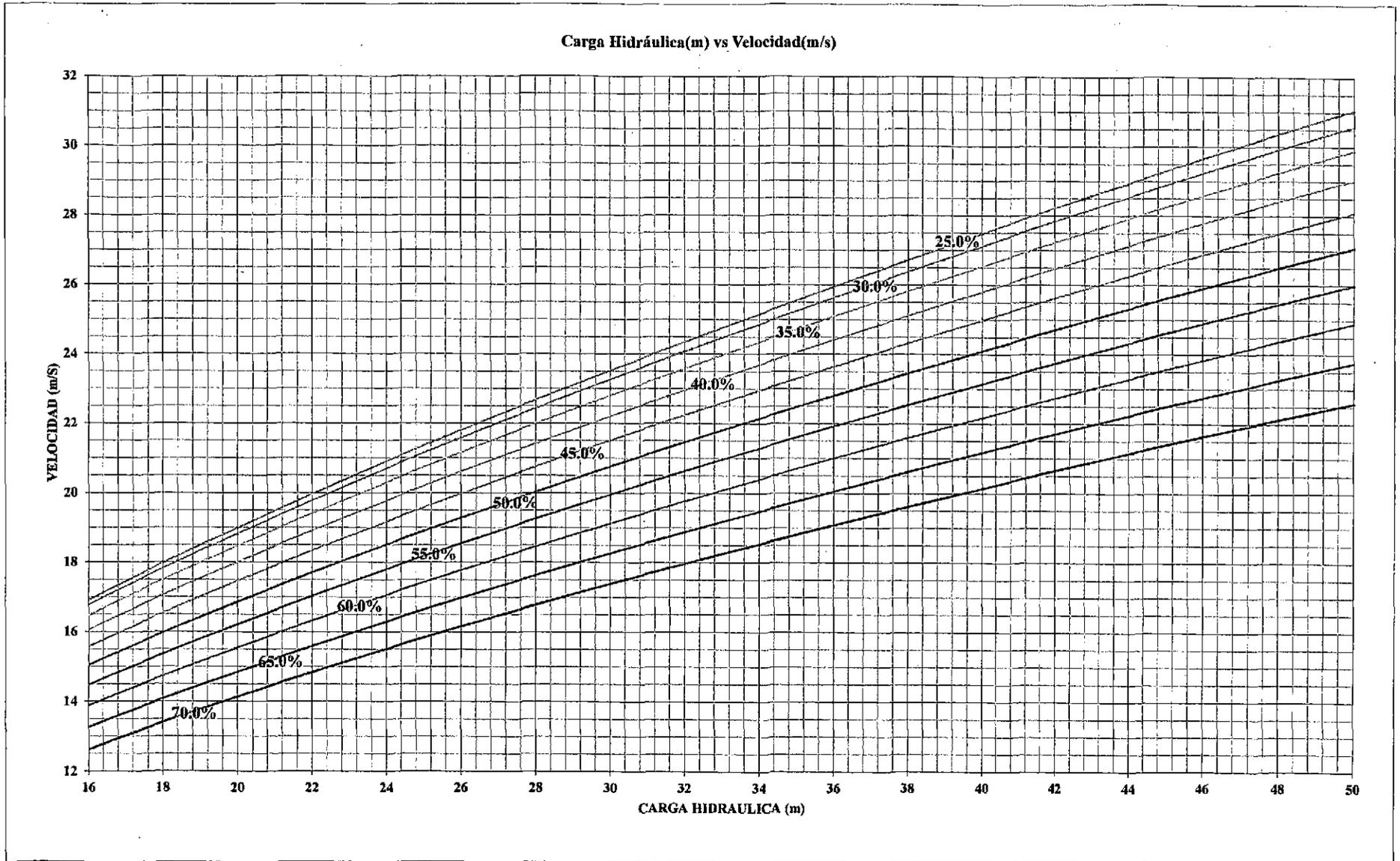


Figura N° 118: Familia de curvas Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s)



**ANEXO G2 (Compuerta de Regulación N°03)**

- 43886

Figura N° 119: Familia de curvas Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s)

Carga Hidráulica(m) vs Caudal(L/S)

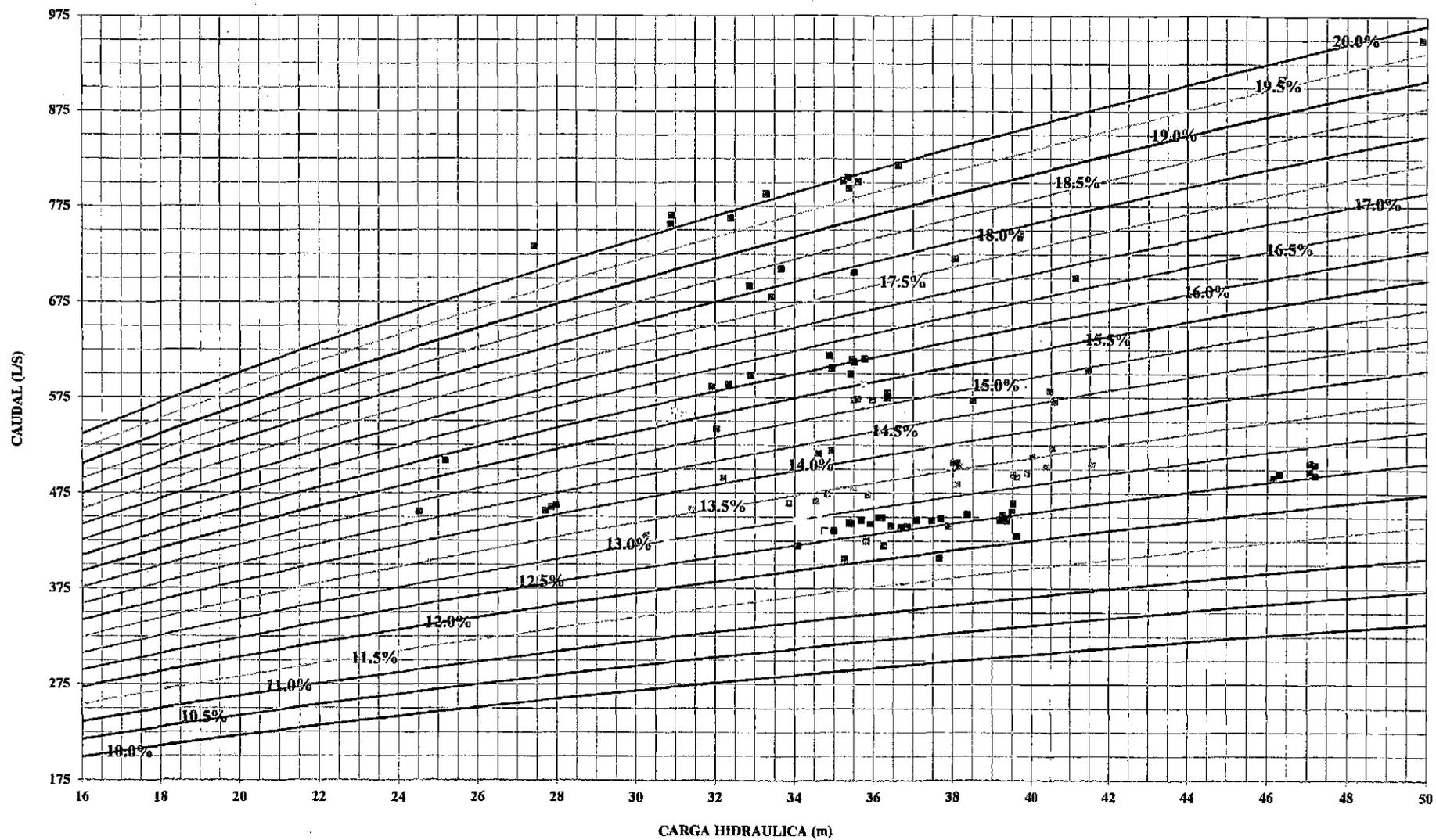
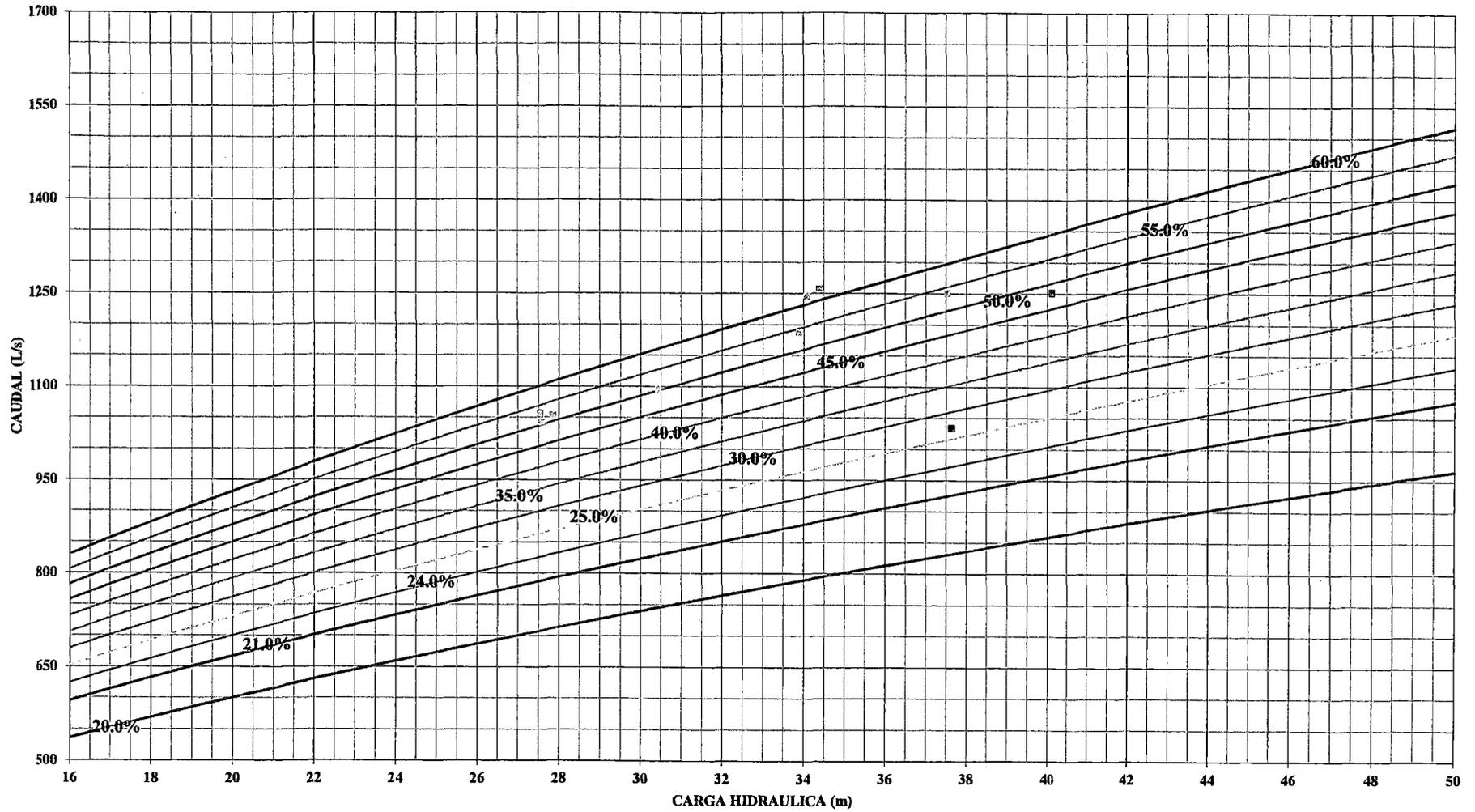
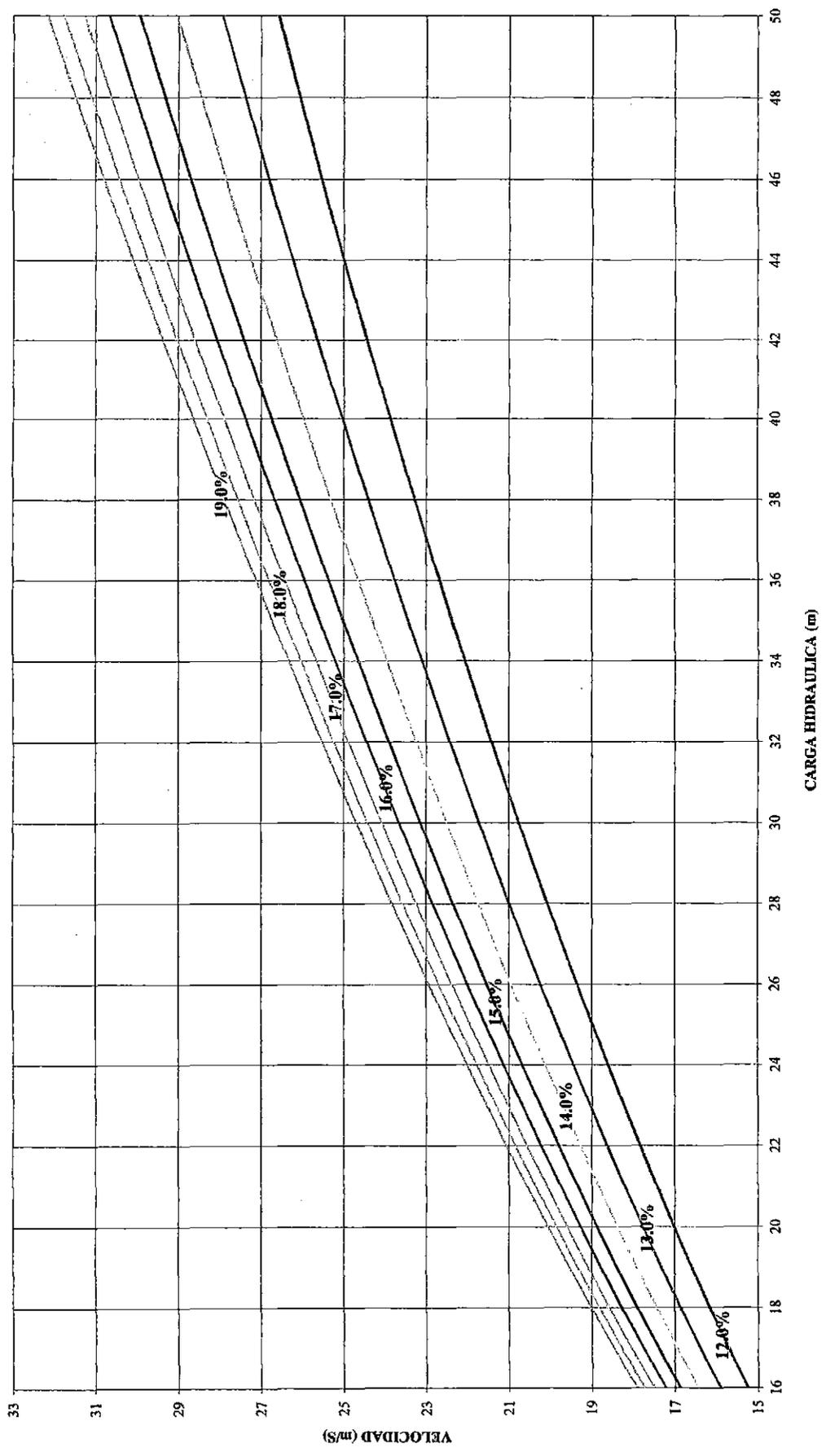


Figura N° 120: Familia de curvas Carga Hidráulica (m) vs Caudal (L/s)

Carga Hidraulica(m) vs Caudal(L/s)

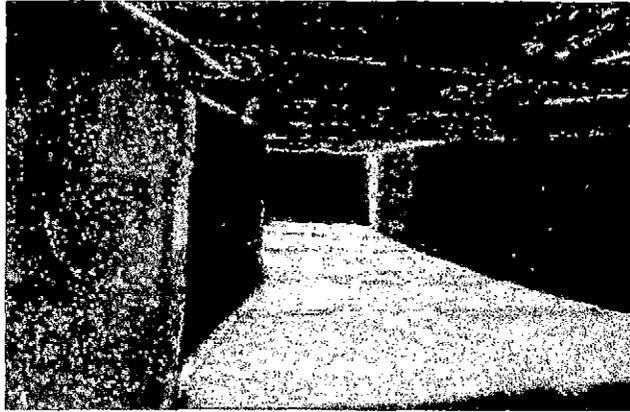


CARGA HIDRAULICA (m) VS VELOCIDAD (m/S)



**ANEXO H (Panel fotográfico)**

**Figura N° 121: Sección de hidraulica Salida de Túnel**



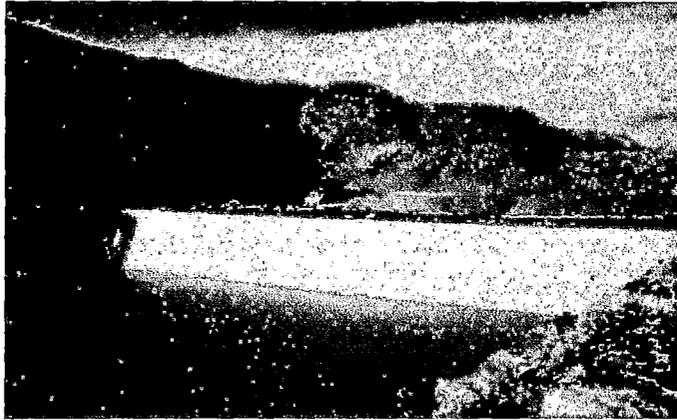
**Figura N° 122: Personal encargado del aforo con su implemento de EPP.**



**Figura N° 123: Vista de una maxima avenida del rio Torata antes de ingresar al Reserovrio o Dique Torata**



**Figura N° 124:** Vista panorámica del Terraplén del Dique Torata



**Figura N° 125:** Vista panorámica de la cola del Dique Torata



**Figura N° 126:** Vista panorámica de la cola del Dique Torata

