



**IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO
PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CANALES RECTANGULARES**

**JENNY MARCELA BARRERO FERIA DAVID ALEJANDRO SARMIENTO
CAVIEDES**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL BOGOTA D.C.**

2019

**IMPLEMENTACION DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO
HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CANALES
RECTANGULARES**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERA CIVIL

**JENNY MARCELA BARRERO FERIA
DAVID ALEJANDRO SARMIENTO CAVIEDES**

**DOCENTE ASESOR
HENRY ALBERTO CÓRDOBA ROMERO MSC. INGENIERO CIVIL
COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADO FACULTAD DE INGENIERIA**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA CIVIL BOGOTA D.C.**

2019



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	8
2.	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
3.	JUSTIFICACIÓN.....	10
4.	OBJETIVOS.....	12
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	12
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
5.	ESTADO DEL ARTE.....	13
6.	MARCO DE REFERENCIA	18
6.1.	MARCO TEÓRICO.	18
6.1.1.	Hidráulica en canales abiertos.....	18
6.1.2.	Clasificación de los canales.....	18
6.1.3.	Clasificación del flujo en canales abiertos	18
6.1.4.	Flujo gradualmente variado	21
6.1.5.	Los estados de flujo.....	22
6.1.6.	Resalto hidráulico	22
6.1.7.	Tipos de resaltos hidráulicos	24
6.1.8.	Resalto estable	25
6.1.9.	Resalto fuerte	25
6.1.10.	Características del Resalto Velocidad (V).....	26
	Energía (E) 28	
	Perdida de Energía (ΔE)	28
	Eficiencia del Resalto (E_f).....	29
6.2.	Turbinas hidráulicas.....	30
6.2.1.	Turbina de acción o impulsión	31
6.2.3.	Turbina de reacción o sobrepresión.....	31
6.2.4.	Turbina axial	31
6.2.5.	Turbina tipo hélice.....	31

6.3.	MARCO CONCEPTUAL	32
7.	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	33
7.3.	LIMITACIONES:	33
8.	METODOLOGÍA	34
9.	CALCULOS DEL RESALTO HIDRAULICO.....	35
10.	PRACTICAS DE LABORATORIO	42
	10.1. Geometría del canal	42
10.3.	Nivelación y calibración del canal	43
10.4.	Descripción de prácticas de laboratorio resalto hidráulico.....	46
11.	MONTAJE DE TURBINA	47
12.	GENERACION DE ENERGIA.....	53
12.2.	DESCRIPCION EXPERIMENTAL DE GENERACION DE ENERGIA.....	53
12.3.	DATOS OBTENIDOS Y CALCULOS DE ENERGIA.....	55
13.	RESULTADOS OBTENIDOS	57
14.	ANALISIS DE RESULTADOS	59
15.	CONCLUSIONES	63
16.	RECOMENDACIONES.....	65
17.	BIBLIOGRAFIA.....	66
ANEXOS	69	
	ANEXO A	69
	A1. 69	
	A2. 70	
	ANEXO B. Graficas $Y1/Y2$ vs Q (VARIACION DE COMPUERTAS)	71
	ANEXO C. Graficas Voltaje vs Q (VARIACION DE COMPUERTAS)	73
	ANEXO D. Graficas Voltaje vs $Ef2/Ef1$ (VARIACION DE COMPUERTAS)	75
	ANEXO E. Graficas Yt vs Q (VARIACION DE COMPUERTAS)	77
	ANEXO F. Voltaje vs $Fr1$ (VARIACION DE COMPUERTAS)	79
	ANEXO G. $Y1/Y2$ vs Q (VARIACION DEVERTEDEROS)	81

ANEXO H. Voltaje vs Q (VARIACION DEVERTEDEROS).....	84
ANEXO I. Voltaje vs E_f2/E_f1 (VARIACION DEVERTEDEROS).....	87
ANEXO J. Y_t vs Q (VARIACION DEVERTEDEROS)	90
ANEXO K. Y_t vs Q (VARIACION DEVERTEDEROS).....	93
ANEXO L. Resaltos teóricos (Y_1).....	96
ANEXO M. Resaltos Experimentales (Y_1; Y_2).....	100
ANEXO O. FORMATOS LABORATORIO.....	104

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Flujo uniforme permanente	20
Figura 2. Flujo uniforme no permanente	20
Figura 3. Flujo rápidamente variado	21
Figura 4. Flujo gradualmente variado	21
Figura 5. Resalto hidráulico	23
Figura 6. Resalto Ondulante	24
Figura 7. Resalto débil	24
Figura 8. Resalto oscilante	25
Figura 9. Resalto estable	25
Figura 10. Resalto fuerte	26
Figura 11. Diagrama conceptual resalto hidráulico	32
Figura 12. Diagrama metodológico	34
Figura 13. Esquema del resalto hidráulico	37
Figura 14. Canal laboratorio hidráulica	42
Figura 15. Canal laboratorio hidráulica	42
Figura 16. Apoyo 1. Inicio del canal	43
Figura 17. Apoyo 2. Inicio del canal	43
Figura 18. Nivelación fondo del canal.	44
Figura 19. Nivelación del apoyo 2.	44
Figura 20. Canal y tablero de inclinación (%)	45
Figura 21. Montaje de turbina 1	48
Figura 22. Hélice de cuatro alabes	48
Figura 23. Hélice alabes rectos	48
Figura 24. Hélice alabes rectos modificada	49
Figura 25. Esquema montaje experimental de turbina	50
Figura 26. Base de la turbina	50
Figura 27. Vástagos de soporte y tensor	51
Figura 28. Accesorio y Dinamo 24V	51

Figura 29. Acople dinamo a eje de hélice	52
Figura 30. Eje de hélice	52
Figura 31. Multímetro	54

1. INTRODUCCIÓN.

El siguiente trabajo tiene como objetivo la implementación de una turbina en el cuerpo de un resalto hidráulico con el fin de generar energía, partiendo de las características geométricas y técnicas del resalto, sus usos y aplicaciones de acuerdo a los avances investigativos más relevantes del tema.

A medida que se realizan estudios acerca del comportamiento de los resaltos y sus aplicaciones en las diferentes estructuras hidráulicas y canales naturales, se encuentra la necesidad de utilizar de manera más adecuada la energía provocada por este fenómeno, pues se habla desde los inicios de la literatura en la hidráulica que la energía producida se disipa al cambiar el tipo de flujo, por tanto, no es energía aprovechable.

Esto ha llevado a esta investigación a un punto en el que el salto hidráulico sea aprovechado para generación de energía, con lo cual se quiere lograr de manera teórica y experimental la ubicación más óptima de una turbina en el cuerpo del resalto, analizando diversos casos y especificaciones técnicas para canales rectangulares. Se desea realizar dicho proyecto pese a la necesidad primaria frente a la utilización de energía que se tiene hoy en día. Para una primera comprensión del presente informe debemos enfocarnos en los estudios de aplicación del resalto e información necesaria sobre la generación de energía, para así poder determinar claramente que variables son fundamentales en la incursión de estos dos temas, desarrollando así la utilización más óptima de una turbina eléctrica.

Finalmente, será necesario realizar prácticas experimentales de laboratorio con distintos escenarios y condiciones de canales rectangulares, en los cuales se comprobará y analizará las posibles posiciones de la turbina eléctrica para la implementación más correcta de esta misma.

2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la historia de la hidráulica existe gran variedad de estudios previos en los fenómenos que presenta un resalto hidráulico y sus aplicaciones en diferentes circunstancias y canales, por lo que se facilita la investigación acerca del beneficio de dicho fenómeno, así como también los problemas o factores que afectan el aprovechamiento en las aplicaciones del resalto hidráulico.

A partir de estas investigaciones se ha encontrado que el resalto genera una energía al cambiar el estado del flujo, pero en su totalidad se ha tratado esta energía como una pérdida pese a su disipación en la caída del resalto, por tanto, se ha creado la necesidad de utilizar dicha energía de una manera positiva en la cual se pueda analizar desde un punto óptimo para generación de la misma.

Teniendo en cuenta el uso y las especificaciones técnicas que se debe tener para un resalto hidráulico ¿Cuáles serían las características apropiadas en la implementación de una turbina con un resalto hidráulico para la generación de energía en canales rectangulares?

3. JUSTIFICACIÓN

Existen investigaciones en relación con la energía en el resalto hidráulico y la disipación de esta misma, por ejemplo, Inga Sigcha, M.A. & Narváez Correa, Estudia la disipación de energía cinética aguas abajo en el proyecto Hidrosanbartolo de Ecuador con el fin de analizar los efectos que pueden surgir a partir de la energía cinética producida por el flujo de agua, para el desarrollo de este estudio, los autores desarrollaron dos modelos físicos con los que simularon el comportamiento que tiene el cauce del río y el resalto hidráulico que se genera en la hidroeléctrica de San Bartolo. En 2013, Villamarin Paredes, SC.² realiza un estudio de las características técnicas que debe tener una estructura hidráulica como lo son los vertederos, estructuras de caída, desfuegos de fondo bocatomas entre otras que generan la disipación de energía. El objetivo de la investigación es presentar alternativas de diseño entre estas estructuras reduciendo la velocidad del flujo y que este pase de supercrítico a subcrítico.

Partiendo de estas investigaciones se comprende que la mayor atención en cuanto a la energía en el resalto hidráulico trata sobre la disipación mas no como una manera de generación, es así por lo que se ve la importancia de desarrollar este proyecto.

Las estructuras hidráulicas actualmente diseñadas para generación de energía presentan un gran aporte al desarrollo socioeconómico de cualquier población, a su vez, ayudan a equilibrar el impacto ambiental haciendo uso del recurso natural, de esta manera se cree que es una de las mejores opciones para la generación de la energía de acuerdo a fenómenos que se pueden presentar con el alcance de las obras hidráulicas.

Todo lo anterior resume la importancia del uso de energía generada por

¹Catalina Suconota and Maribel Arévalo, 'Universidad De Cuenca Autoras', 2017, 1–85.

²Sorayda Carolina Villamarín Paredes, 'Manual Básico de Diseño de Estructuras de Disipación de Energía Hidráulica', 2013, 250.

estructuras hidráulicas y la aplicación que se puede desarrollar a partir del resalto hidráulico como factor principal de esta investigación. De los antecedentes y demás estudios acerca del resalto hidráulico se encuentra una gran limitación con respecto a las aplicaciones de energía, pues se evidencia que el resalto se ha tratado como disipador de energía y desde esta observación se considera importante desarrollar el resalto como generador de energía aprovechando las características físicas que presenta este fenómeno en los canales.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Establecer las condiciones hidráulicas para la generación de energía en un resalto hidráulico.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar las variables de un resalto hidráulico en diferentes situaciones y condiciones técnicas.
- Implementar una turbina eléctrica para la generación de energía.
- Definir la ubicación apta para la implementación de la turbina eléctrica con respecto al resalto hidráulico en un canal rectangular.

5. ESTADO DEL ARTE

A lo largo de las investigaciones sobre el resalto hidráulico se han desarrollado varios modelos físicos en los cuales se pretendía comprender la naturaleza del resalto. Cada vez que en un canal el flujo supercrítico cambia a flujo subcrítico, se genera el salto hidráulico, Rashwan, IMH³ en su estudio quiere obtener la profundidad del resalto en el flujo supercrítico y subcrítico teniendo en cuenta canales triangulares y horizontales para análisis por el método de Sequent, primeramente, se debe tener en cuenta las características del resalto hidráulico como pendiente lateral, descarga y pérdida de energía, durante el desarrollo de este método de ecuaciones de profundidad de Sequent se obtuvieron resultados con alta precisión para los casos de canales triangulares aplicables a diferentes condiciones iniciales y de intensidad de descarga. Otro método emplea un mecanismo de análisis para reguladores multiventosos desarrollado por Mohamed F. Sauida⁴ mediante una técnica empleada por ANN (Red Neuronal Artificial) se estudian técnicas muy exitosas de simulación de longitud del resalto hidráulico en comparación a los resultados de (MLR) regresión lineal múltiple. Mediante estudios de reguladores con puertas en diferentes posiciones y alturas, mediante estos estudios de caso se obtuvo que la ANN desarrolla modelos similares a situaciones reales en la longitud relativa de salto hidráulico sumergido, se comprobó la eficiencia y veracidad de este método, por lo tanto, resulta siendo más óptimo este método, en comparación con MLR. Qun Zhao, Shubhra K. Misra, Ib A. Svendsen & James T. Kirby⁵ desarrollaron

³I. M H Rashwan, 'Analytical Solution to Problems of Hydraulic Jump in Horizontal Triangular Channels', *Ain Shams Engineering Journal*, 4.3 (2013), 365–68
<<https://doi.org/10.1016/j.asej.2012.11.007>>.

⁴Mohamed F. Sauida, 'Prediction of Hydraulic Jump Length Downstream of Multi-Vent Regulators Using Artificial Neural Networks', *Ain Shams Engineering Journal*, 7.2 (2016), 819–26
<<https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.12.005>>.

⁵Qun Zhao and SK Misra, 'Numerical Study of a Turbulent Hydraulic Jump', *Proceedings 17th ASCE Engineering Mechanics Conference*, 1 (2004), 1–7 <<http://www.coastal.udel.edu/~zhao/ems.pdf>>.

un modelo numérico para determinación del salto hidráulico turbulento que en este artículo se trata como método de comparación con dos modelos, uno de estos, trabajado por Launder y Spalding, el segundo método por Zhao, como determinantes numéricos, puesto que la mayoría de estudios son únicamente analíticos donde los resaltos y agujeros se representan como discontinuidades superficiales en el cuerpo de agua. En otra investigación de turbulencias⁶ se analiza el estudio de agrupamiento de burbujas en el resalto hidráulico con un flujo en un canal rectangular horizontal, con una condición de números de Froude, en un rango de 6.5 a 14.3, dándolo de forma experimental y analizando con visión de fluctuaciones por generación de burbujas dentro del flujo y a lo largo de un tiempo, con dos criterios, uno cuando, la burbuja se genera y se disipa, y en otra cuando la burbuja tiene un tiempo de permanecía, con una demostración en el laboratorio viendo la acumulación de burbujas y su extensión en el resalto hidráulico. Dentro del mismo campo de análisis de turbidez en el resalto, Thulfikar Razzak Al- Husseini, Ali Hadi Ghawi & Ahmed Hassoon Ali⁷, estudiaron que en la eliminación de turbidez en aguas residuales con el resalto hidráulico para realizar una mezcla de coagulantes con el agua, dando así la comprobación en el laboratorio, con ayuda de agua sin tratar, y también teniendo en cuenta los valores de la dosis de alumbre, turbiedad inicial, número de Froude, intensidad de la mezcla, pH, gradiente de la velocidad y el tiempo de la eliminación de la turbiedad de la mezcla, dando como resultados del mismo, unos resultados de una mejor condición de cada una de las variables a evaluar, como es la dosis de alumbre de 10 mg , un pH, y un gradiente de velocidad , dando como un claro objetivo de una disminución del valor inicial

⁶ Carlo Gualtieri and Hubert Chanson, 'Effect of Froude Number on Bubble Clustering in a Hydraulic Jump', *Journal of Hydraulic Research*, 48.4 (2010), 504–8
<<https://doi.org/10.1080/00221686.2010.491688>>.

⁷ Thulfikar Razzak Al-Husseini, Ali Hadi Ghawi, and Ahmed Hassoon Ali, 'Performance of Hydraulic Jump Rapid Mixing for Enhancement of Turbidity Removal from Synthetic Wastewater: A Comparative Study', *Journal of Water Process Engineering*, 30.December 2016 (2019), 3–8
<<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.03.005>>.

de la turbidez y el aumento de los numero de Froude, la intensidad de la mezcla y reducción del tiempo de mezclado, ya que normalmente se realiza con unos mezcladores costoso.

El desarrollo de investigaciones del resalto hidráulico en canales naturales con respeto a la perdida de energía, en 1985, SUSAN WERNER KIEFFER⁸ evidencia un estudio para observar los fenómenos hidráulicos presentes en un caso específico de canal natural en la cual se pudo evidenciar que en canales naturales en los que la energía es máxima la altura no influye en este análisis, es decir, su variación no incrementa o disminuye la energía. Se concluye que el método desarrollado en este artículo se podría emplear para una altura constante en el resalo hidráulico. En otro caso analizado por Joshua R. Wyrick & Gregory B. Pasternack de canales naturales⁹ se tiene un régimen de salto hidráulico y disipación de energía con el paso del rio que aún no ha sido investigada, para este estudio se tuvo en cuenta un modelo numérico que cuantifica la disipación de energía y delineamientos del resalto hidráulico, analizando las variables que intervienen directamente al desarrollo del resalto. Es importante tener en cuenta las condiciones del canal, pues tratándose de un rio, son canales no uniformes que hacen más rigurosa esta investigación. A partir del análisis que se realiza en este documento, se encontró que en cualquiera de los casos puestos en estudio la velocidad descendente en la sección transversal y la perdida de energía son factores inversamente proporcionales.

Estudios importantes sobre reguladores desarrollados por Abdelazim M. Ali & Yasser A. Mohamed¹⁰ sobre reguladores tipo Barrege que se caracterizando una compuerta de forma radial, se realizó una aplicación específica en el cauce del rio

⁸Susan Werner, 'Crystal Rapid', *J Geol*, 93.4 (2009), 385–406.

⁹Joshua R. Wrick and Gregory B. Pasternack, 'Modeling Energy Dissipation and Hydraulic Jump Regime Responses to Channel Nonuniformity at River Steps', *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 113.3 (2008), 1–25 <<https://doi.org/10.1029/2007JF000873>>.

¹⁰Abdelazim M. Ali and Yasser A. Mohamed, 'Effect of Stilling Basin Shape on the Hydraulic Characteristics of the Flow Downstream Radial Gates', *Alexandria Engineering Journal*, 49.4 (2010), 393–400 <<https://doi.org/10.1016/j.aej.2010.08.001>>.

Nilo, y los reguladores más antiguos sobre ella son Esna Presa (1908), Naga Hammadi Presa (1930), Assuit Presa (1902), Delta Presa (1939), Zefta Presa (1902), y Idfena Presa (1950), dándole una gran importancia a al resalto hidráulico, ya que ella es una pérdida de energía para darle un mejor control al cauce ,con una investigación más afondo sobre él y sobre la estructura, con ayuda de medidores de flujo ultrasónico dando datos de velocidades y varias pruebas con longitudes distintas sobre la estructura y en el resalto hidráulico, pero con un enfoque fue en la erosión del suelo después de la estructura reguladora, arrojando unos resultados sobre su longitud y sobre su velocidad se correlacionaban. En otras estructuras hidráulicas como las analizadas en el artículo de Alikhani, R. Behrozi-Rad & M. Fathi-Moghadam¹¹ donde se llevó experimentos en un canal rectangular para realizar una evaluación de los efectos de obstáculo vertical en la estructura el cual es un travesaño, y su control, dada su posición y longitud en el resalto hidráulico, buscando la disipación de la energía , con unos resultados que la altura y la posición producen una reducción de la profundidad del resalto hidráulico y su longitud , dando un estimación del diseño del obstáculo o el cilindro amortiguador para dar una altura del umbral eficiente y reducir la altura aproximadamente un 20% a 30% para las alturas aguas arriba y para aguas abajo como son supercrítico a subcrítico, la longitud del resalto hidráulico también se ve afectada en un 30% con un control de pendiente. Teniendo en cuenta la geometría del canal se presentan cambios físicos significativos en los resaltos, por ello, Samir kateba, Mahmoud Debabeche & Ferhat Riguet¹² tuvo la iniciativa de estudiar el salto hidráulico en un canal trapezoidal con pendiente en relación de la profundidad del mismo, dándole un enfoque a un canal de riego, realizando en forma experimental con algunas pendientes positivas, analizando los números de Froude de entrada a el salto hidráulico con la altura de los dos costados, la parte subcrítica y la parte supercrítica, dando como resultado

¹¹ A. Alikhani, R. Behrozi-Rad, and M. Fathi-Moghadam, 'Hydraulic Jump in Stilling Basin with Vertical End Sill', *International Journal of Physical Sciences*, 5.1 (2010), 25–29.

¹² Samir Kateb, Mahmoud Debabeche, and Ferhat Riguet, 'Hydraulic Jump in a Sloped Trapezoidal Channel', *Energy Procedia*, 74 (2015), 251–57 <<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.591>>.

una constante que no depende de la pendiente y tampoco de los numero de Froude de entrada pero aclarando que lo obtenido aparece de forma implícita con respecto a la relación de la constante con las profundidades. La inclinación del canal es importante para este tipo de análisis, Bellal M., Spinewine B., Savary C. & Zech Y.¹³ con respecto a la inclinación de los canales realizó una simulación sobre el efecto del resalto hidráulico en situaciones de morfología inclinada, dando esa simulación en un laboratorio, con ayuda de dos métodos de medición, una de sistemas de imagen digital por sonda la cual permite identificar las etapas de deformación en condiciones hidrodinámicas y sedimentológicas ,con un montaje pero con un enfoque en la estabilización del resalto hidráulico con la formación de sedimentos después de él , y también la formación de sedimentos debajo el resalto hidráulico, dando como resultado del estudio unas alturas de nivel de agua con una pendiente correspondiente, y una acumulación de sedimentos con respecto a un tiempo.

Para la generación de energía es de tener en cuenta una serie de investigaciones que se asocian con el recurso natural como el autor Khan, M. J., Iqbal, M. T., & Quaicoe, J. E.¹⁴ que aporta información sobre la conversión de energía en la corriente de un rio, ya que sobre el tema no se ha enfatizado, dándole un uso a la energía del corriente del rio, convirtiéndola en energía eléctrica. Ya que cuando esa dicha energía mecánica producida por la corriente de un afluente puede ser convertida a una energía eléctrica, con ayuda de una turbina ya que, hay varios diseños que se pueden adecuar dependiendo de las variables de la misma. Por ello, este tema involucra varias ingenierías, desde la eléctrica, mecánica y civil, dando una investigación en cada rama, y desafíos a cumplir.

¹³ De Louvain, 'Morphological Evolution of Steep-Sloped River Beds in the Presence of a Hydraulic Jump : Numerical and Experimental Analysis', 2005, 1522–33.

¹⁴ M. J. Khan, M. T. Iqbal, and J. E. Quaicoe, 'River Current Energy Conversion Systems: Progress, Prospects and Challenges', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12.8 (2008), 2177–93
<<https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.04.016>>.

También, se han empleado métodos de estudio lineal para generación de energía como el desarrollado por Yoo, J.-H.¹⁵ quien implementa un método de estudio lineal para la generación de energía hidroeléctrica basada en cálculos de valores óptimos, para alcanzar la máxima producción de energía tras una aplicación real del método se encontró una confiabilidad del 50% según los datos obtenidos en la investigación y modelo gráfico, por tanto resulta optima la implementación de este modelo a escala teniendo en cuenta los factores en los que no se desarrolló la aplicación como se esperaba, para así poder mejorar el modelo de maximización en la producción de energía hidroeléctrica.

En los últimos años se han realizado investigaciones acerca del tornillo de Arquímedes y su aplicaciones como generadores de energía en hidroeléctricas, se encuentran antecedentes de 1862 donde se empleó el tornillo de Arquímedes como rueda de agua para generar energía mecánica, Nuernbergk, DM, y Rorres, C.¹⁶ empleó el método con el cual calcularon el flujo del cabezal de entrada al tornillo para la generación de energía, con esto si se desea diseñar para diferentes especificaciones se deben tener las condiciones iniciales del flujo del cabezal para el diseño proporcional del tornillo de Arquímedes.

¹⁵ Ju Hwan Yoo, 'Maximization of Hydropower Generation through the Application of a Linear Programming Model', *Journal of Hydrology*, 376.1–2 (2009), 182–87
<<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.07.026>>.

¹⁶ C. Nuernbergk,DM. Rorres, 'Modelo Analitico Para El Flujo de Agua de Un Tornillo de Arquimedes Utilizado En La Generacion de Energia Hidroelectrica', *Diario de Ingenieria Hidraulica*, 139 (2013), 213–20.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO.

6.1.1. Hidráulica en canales abiertos

EL canal abierto es una estructura o un conducto en donde circula agua u otro fluido debido a la acción del agua y sin presión alguna, ya que la superficie libre del líquido está en contacto con la atmosfera, lo que se da a entender que le agua está moviéndose impulsada por la presión atmosférica y por su propio peso¹⁷.

6.1.2. Clasificación de los canales

Conforme a su procedencia los canales se clasifican en:

Canales naturales: En esta clasificación, se involucran todos los cursos de agua existente de forma natural, como quebradas, ríos y lagos, con unos rasgos irregulares y muy discontinuos en su sección transversal en su extensión, por otra parte, también están las corrientes subterráneas con superficie libre las que también son caracterizadas como canal abierto natural¹⁷.

Canales Artificiales: los canales artificiales son aquellas estructuras construidas por el hombre, como son: Canales de pluviales, sanitario, alcantarillado, modelos de laboratorios entre otras, y también con implementación de diferentes materiales impermeables y secciones transversales la que es tomada perpendicular a dirección del flujo, tales como, trapezoidal, rectangular, triangular con una pendiente constante¹⁷.

6.1.3. Clasificación del flujo en canales abiertos

El flujo en los canales con superficie libre, es decir abiertos, se da una clasificación de flujo de varias maneras, ya que cada una tiene cambios en los parámetros de la velocidad, profundidad y área entre

¹⁷ ven te chow, 'Open Channel Hydraulics', McGraw-Hill Boow Company, 1959.

otras, siempre respecto a el tiempo y espacio del flujo.

Flujo permanente y no permanente: el flujo es permanente cuando los parámetros (tirante, área, velocidad entre otros), están constantes respecto a un tiempo dicho esto es que no tienen variación alguna.

$$\frac{dA}{dt} = 0; \quad \frac{dV}{dt} = 0; \quad \frac{dd}{dt} = 0$$

Y ya cuando dichos parámetros del flujo tienen una variación respecto al tiempo, se denomina flujo no permanente.

$$\frac{dA}{dt} \neq 0; \quad \frac{dV}{dt} \neq 0; \quad \frac{dd}{dt} \neq 0$$

Flujo uniforme y flujo variado: El flujo es uniforme se manifiesta cuando los parámetros (tirante, área, velocidad entre otros), no tiene un cambio respecto al espacio, en si es cuando a lo largo del flujo cada sección los elementos permanecen fijos¹⁸.

$$\frac{dA}{dl} = 0; \quad \frac{dV}{dl} = 0; \quad \frac{dd}{dl} = 0$$

Y cuando dichos parámetros en el flujo tienen una variación respecto al espacio, se denomina flujo variado o como un flujo no uniforme.

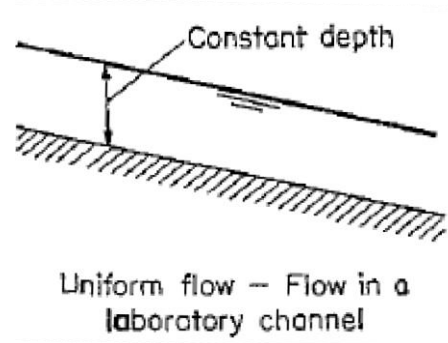
$$\frac{dA}{dl} \neq 0; \quad \frac{dV}{dl} \neq 0; \quad \frac{dd}{dl} \neq 0$$

Ya con los diferentes tipos de flujo, hay combinaciones entre ellas.

Flujo uniforme permanente: El flujo mantiene una altura respecto al fondo constante durante un intervalo de tiempo, es el tipo de flujo base en la hidráulica de canales con superficie libre o canales abiertos¹⁸.

¹⁸ chow.

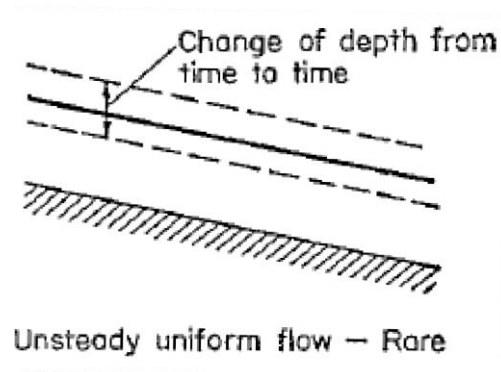
Figura 1. Flujo uniforme permanente



Fuente: ¹⁸

Flujo uniforme no permanente: Este flujo es muy raro y no frecuente, lo que da la rareza a este tipo de flujo es porque la lámina de agua variara respecto a un tiempo, pero paralela respecto al fondo del canal, por eso este tipo de flujo con dichas condiciones es casi imposible¹⁸.

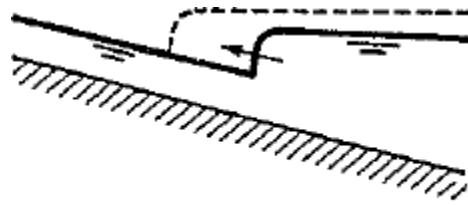
Figura 2. Flujo uniforme no permanente



Fuente: ¹⁹

Flujo rápidamente variado: Este tipo de flujo se caracteriza por la manera tan repentina del cambio de la lámina de agua respecto al lado, en una distancia muy corta, como en el resalto hidráulico¹⁹.

Figura 3. Flujo rápidamente variado



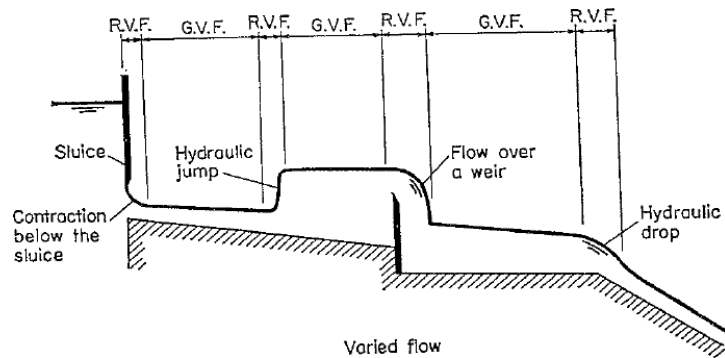
R.V.F. – Bore

Fuente: ¹⁹

6.1.4. Flujo gradualmente variado

En Flujo gradualmente variado se caracteriza por que sus parámetros realizan un cambio gradual dentro del canal, pero tiene unas diferencias en el cómo puede estar de forma acelerada o retardada, el flujo gradualmente acelerado se manifiesta cuando el tirante de aguas abajo, se va reduciendo respecto al fondo, en cambio el flujo gradualmente retardado es todo lo contrario, en la parte aguas abajo tiene mayor altura que aguas arriba respecto al fondo¹⁹.

Figura 4. Flujo gradualmente variado



Fuente: ¹⁹

¹⁹ chow.

6.1.5. Los estados de flujo

En un flujo se pueden tener varios estados, como puede ser laminar, turbulento y transicional, por el efecto de la viscosidad en relación con la inercia.

Flujo laminar: Un Flujo es laminar cuando las fuerzas viscosas son más fuertes en vez de las fuerzas inerciales, por lo cual la viscosidad es el parámetro para dar la determinación del comportamiento del flujo, el este tipo de flujo el agua fluye suave dentro de la trayectoria y líneas de corrientes dentro de él, con un espesor infinitesimal, por lo que se producen unas trayectorias separadas, regulares y muy definidas, proyectando unas láminas o capas, más o menos paralelas entres si, deslazándose unas sobre otras muy suavemente²⁰.

Flujo turbulento: Un flujo turbulento es el más común en las estructuras hidráulicas en la ingeniería, a comparación del flujo laminar es todo lo contrario, las fuerzas viscosas son más débiles que las fuerzas inerciales y también el flujo se mueve en una trayectoria irregular, sin suavidad ni fijas. Pero hay factores que intervienen para que se produzca este fenómeno, como una variación en la rugosidad del canal, la cual está en contacto con el fluido y las altas velocidades sobre la misma para así producir el flujo turbulento, también aguas arriba una alta turbulencia y como último un cambio de temperatura de la superficie de contacto que está en contacto con el fluido²¹.

6.1.6. Resalto hidráulico

El resalto hidráulico es usualmente utilizado como disipadores de energía, y es generado por el cambio abrupto de los niveles de agua referenciados con el fondo del flujo, es decir un cambio entre flujo supercrítico aguas arriba a un flujo subcrítico aguas abajo del flujo, ayudado por una pendiente, generando entre ellos unos fenómenos

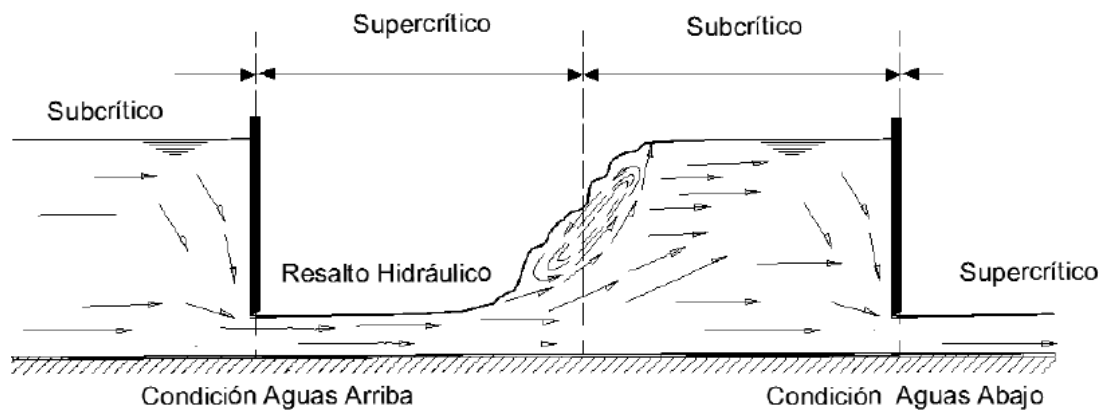
²⁰ chow.

²¹ G. Sotelo Avila, 'Hidraulica de Canales', *Universidad Autonoma de Mexico*, 2002.

como los remolinos, turbulencia y una disipación de energía.

Este fenómeno ocurre entre controles aguas arriba y aguas abajo en estructuras hidráulicas de varios tipos, ya que tiene aplicaciones como reducciones de presiones, controles de alturas, también para el proceso de aireación y declaración de agua, canales de riego, y el mayor uso dado como disipación de energía²².

Figura 5. Resalto hidráulico



Fuente: ²³.

Flujo Crítico: El flujo crítico se caracteriza por tener el número de Froude igual a 1, por eso tiene una energía específica mínima para un caudal explícito.

Flujo Subcrítico: El flujo subcrítico es dado por un numero de Froude es menos a 1, es decir menor al flujo crítico, por lo que nos arriba una profundidad mayor respecto a la profundidad critica, y la velocidad de flujo es menor.

Flujo Supercrítico: El flujo supercrítico es dado por el número de Froude es mayor a 1, es lo contrario al flujo subcrítico, lo cual nos da una menor profundidad respecto a la profundidad critica, y la velocidad del flujo es mayor.

²² Sotelo Avila.

²³ Sotelo Avila.

6.1.7. Tipos de resaltos hidráulicos

Los resaltos hidráulicos se dividen de acuerdo con los estudios del U.S Bureau of Reclamation -USBR- (1963), de acuerdo a el número de Froude.

Resalto ondulante: El resalto ondulante tiene como valores de Froude en el rango de (1.0 a 1.7), y es un resalto ondular, con ondulaciones sobre la superficie del agua y una pérdida menor a 5% de energía.

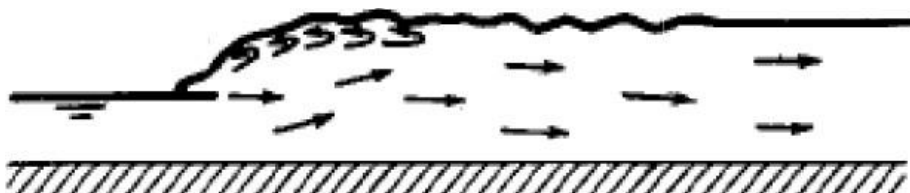
Figura 6. Resalto Ondulante



Fuente: ²⁴

Resalto débil: El resalto débil tiene como valores de Froude en el rango de (1.7 a 2.5), y es un resalto débil, con ondulaciones sobre la superficie del agua, dando así una generación de remolinos sobre el resalto y una pérdida entre (5% - 15%) de energía.

Figura 7. Resalto débil



Fuente: ²⁴

²⁴ chow.

Resalto oscilante: El resalto oscilante tiene como valores de Froude en el rango de (2.5 a 4.5), y es un resalto oscilante, por las oscilaciones produce una gran longitud del resalto y un periodo irregular, por ello este resalto puede causar daño a diversas estructuras hidráulicas, con una pérdida entre (15% - 45%) de energía.

Figura 8. Resalto oscilante



Fuente: ²⁴

6.1.8. Resalto estable

El resalto estable tiene como valores de Froude en el rango de (4.5 a 9.0), y es un resalto estable, en este resalto tipo de resalto ya se puede decir que está completamente formado con un rendimiento mejor respecto a la pérdida entre (45% - 70%) de energía.

Figura 9. Resalto estable



Fuente: ²⁴.

6.1.9. Resalto fuerte

El resalto fuerte tiene como valores de Froude mayores a 9, y es un

resalto fuerte, con la que podemos alcanzar una gran pérdida de energía hasta un 85%, con una gran ondulación en la superficie, también con unas altas velocidades y turbulencia en su longitud.

Figura 10. Resalto fuerte



Fuente: ²⁴.

6.1.10. Características del Resalto Velocidad (V)

Es la magnitud física de carácter vectorial que relaciona el desplazamiento del flujo de agua a un tiempo determinado.

$$V = \frac{Q}{b * Y} \quad \{1\}$$

Donde:

V = Velocidad

Q = caudal

b = Base del canal

Y = Altura del resalto

Numero de Froude (Fr)

El número de Froude es adimensional al cual relaciona el efecto de las fuerzas de inercia y de gravedad que ejercen sobre el fluido, dando así 3 parámetros como lo son:

- el supercrítico
- crítico
- subcrítico.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * Y}} \quad \{2\}$$

Donde:

Fr = Numero de Froude

V = Velocidad

g = Gravedad

Y = Altura del resalto

$$(Fr > 1; Fr = 1; Fr < 1)$$

El cual tiene tres variaciones dependiendo el resultado de número de Froude.

- Crítico (F =1)
- Subcrítico (F <1)
- Supercrítico (F >1)

Altura Final (Y2)

Altura al final del resalto.

$$Y_2 = \left[\frac{\sqrt{1 + (8 * (Fr_1)^2)}}{2} \right] * Y_1 \quad \{3\}$$

Donde:

Y_2 = Altura al final del resalto

Fr_1 = Numero de Froude al inicio del resalto

Y_1 = Altura al inicio del resalto

Altura Critica (Yc)

Es la altura en la parte del resalto donde el Numero de Froude es igual a uno.

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g * b^2}} \quad \{4\}$$

Donde:

$Q = \text{caudal}$

$b = \text{Base del canal}$

$Y_c = \text{Altura critica}$

Energía (E)

Es la energía por libra de agua en cualquier sección del canal, medida con respecto al fondo del mismo. (VEN TE CHOW) La energía específica del resalto es la suma de la altura más la cabeza de velocidad teniendo en cuenta las pendientes del canal.

$$E = Y * \cos (\theta) + \left[1,3 * \left(\frac{V^2}{2 * g} \right) \right] \quad \{5\}$$

Donde:

$E = \text{Energia en el resalto}$

$V = \text{Velocidad}$

$g = \text{Gravedad}$

$Y = \text{Altura del resalto}$

Perdida de Energía (ΔE)

Es la diferencia de energía entre el punto inicial y el punto final del resalto.

$$\Delta E = E_1 - E_2 \quad \{6\}$$

Donde:

$\Delta E = \text{Perdida de energia}$

$E_1 = \text{Energia en el punto inicial del resalto}$

$E_2 = \text{Energia en el punt final del resalto}$

Momentum (M)

El momentum mide la fuerza que ejerce el agua sobre las paredes del canal.

$$M = \left[\frac{b * y^2}{2} + \frac{Q^2}{b * y * g} \right] \quad \{7\}$$

Y_{H20} = *Peso específico del agua*

V = *Velocidad*

g = *Gravedad*

Q = *caudal*

Altura del Resalto (H)

$$H = \left[\frac{\sqrt{1 + (8 * (Fr_1)^2)} - 3}{2 + Fr_2^2} \right] * E_1 \quad \{8\}$$

H = *Altura del resalto*

Fr_1 = *Numero de Froude al inicio del resalto*

Fr_2 = *Numero de Froude al final del resalto*

E_1 = *Energia en el punto inicial del resalto*

Eficiencia del Resalto (Ef)

Eficiencia del resalto en el punto inicial.

$$E_1 = \left[\sqrt{1 + (8 * (Fr_1)^2)} - 1 \right]^3 + [4 * (Fr_1)^2] \quad \{9\}$$

Donde:

Fr_1 = *Numero de Froude al inicio del resalto*

E_1 = *Energia en el punto inicial del resalto*

Eficiencia del resalto en el punto final.

$$E_2 = \left[\sqrt{1 + (8 * (Fr_2)^2)} - 1 \right]^3 + [4 * (Fr_2)^2] \quad \{10\}$$

Donde:

E_2 = *Energia en el punto final del resalto*

Fr_2 = *Numero de Froude al final del resalto*

Longitud del Resalto

- Ecuación de Silvestre

$$L_{Silvestre} = [9,75 * (Fr_1 - 1)^{1,01}] * Y_1 \quad \{11\}$$

- Ecuación de Woyciki

$$L_{Woyciki} = \left[\left[4,05 * \sqrt{1 + (8 * Fr_1^2)} \right] - [(0,1 * Fr_1^2) - 12,05] \right] * Y_1 \quad \{12\}$$

- Ecuación de Stemana y Tizon

$$L_{Stemana \ Y \ Tizon} = \left[3 * \left(\sqrt{1 + (8 * Fr_1^2)} - 3 \right) \right] * Y_1 \quad \{13\}$$

- Ecuación de Pavlovsky

$$L_{Pavlovsky} = \left[\left[2,375 * \sqrt{1 + (8 * Fr_1^2)} \right] - 4,875 \right] * Y_1 \quad \{14\}$$

- Ecuación de Ludin

$$L_{Ludin} = \left[\frac{13,5 * Fr_1}{(6 * Fr_1)} * \left(\sqrt{1 + (8 * Fr_1^2)} - 4,875 \right) \right] \quad \{15\}$$

- Ecuación de Safrenez

$$L_{Safrenez} = (6 * Fr_1) * Y_1 \quad \{16\}$$

- Ecuación de Rajaratnam

$$L_{Rajaratnam} = \left[3 * \left(\sqrt{1 + (8 * Fr_1^2)} - 1 \right) * Y_1 \right] \quad \{17\}$$

6.2. Turbinas hidráulicas

Las turbinas hidráulicas son consideradas como uno de los muchos mecanismos que transforman la energía hidráulica a energía mecánica, dicha transformación puede ser generatrices como las bombas o también motrices como turbinas, los fenómenos a estudiar

son en un régimen permanente, distinguidos por un caudal y una velocidad de rotación de la máquina, generando por una interacción entre el agua y dispositivo mecánico de revoluciones sobre su eje de simetría, producidos en entornos (canales o libres). Utilizando unos métodos de estudio como son el método analítico, experimental y análisis dimensional.

6.2.1. Turbina de acción o impulsión

Utilizando la energía del fluido cuando sale del medio utilizado a la presión atmosférica, llegando a la máquina (rodete) con una igualdad de presión, lo cual convierte la energía potencial del fluido a energía cinética por medio del rodete.

6.2.3. Turbina de reacción o sobrepresión

Produciendo la salida del agua del distribuidor a una presión estática en el rotor, pero cuando entra en contacto con la máquina (álabes del rodete) dando como resultado un cambio de presión, a su salida con una presión nula o negativa dependiendo el caso, por ello la energía potencia del salto se convierte en dos, en cinética y de presión.

6.2.4. Turbina axial

Su principal característica es que la dirección del fluido entra paralelamente a el eje de rotación de la máquina, en donde dicho flujo es aprovechado para generar un movimiento creando un momento torsor, transformando esa energía potencial a una energía cinética o de presión, concluyendo que es turbina de reacción (admisión total), constituida por una conducción de entrada, caja espiral, distribuidor, rodete y tubo de aspiración, como ejemplo están las turbinas (Kaplan, hélice Buldo).

6.2.5. Turbina tipo hélice

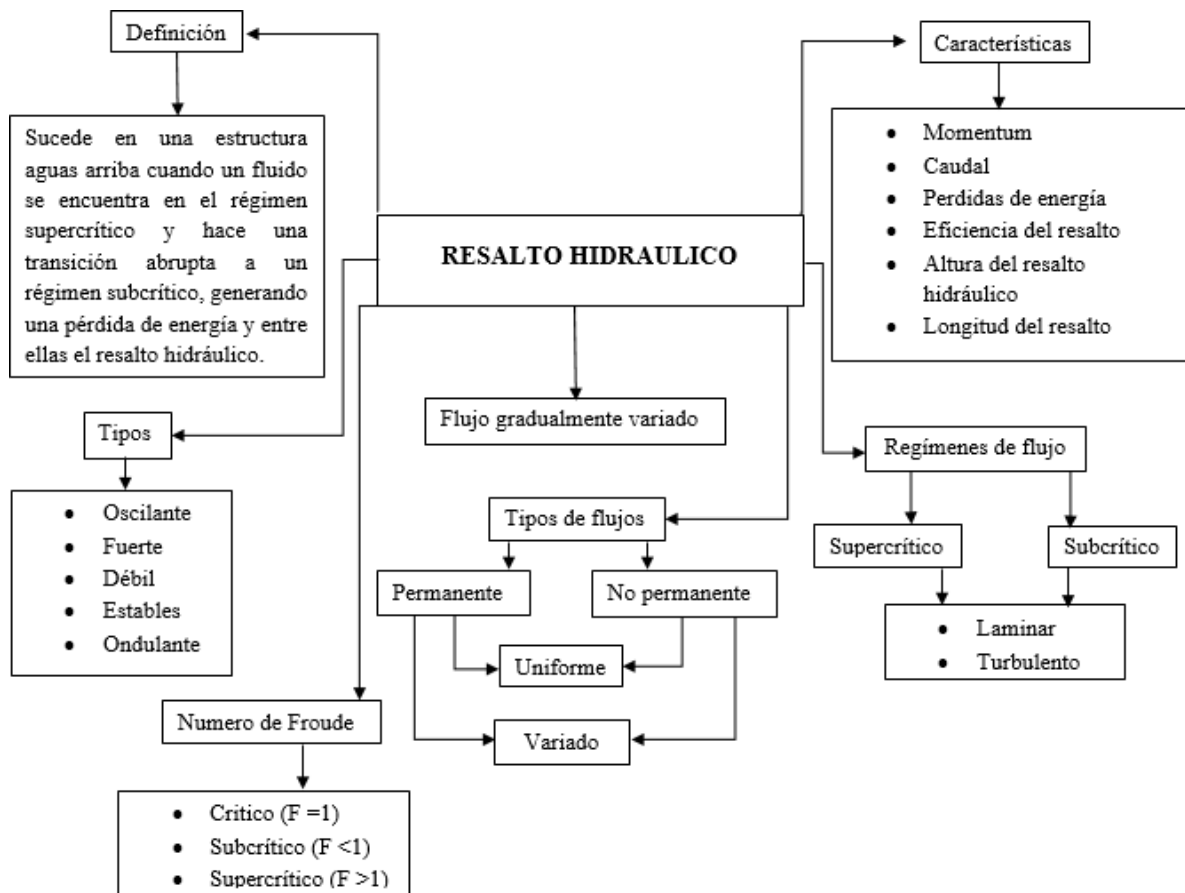
La turbina de hélice está en el grupo de las turbinas de flujo axial; con un funcionamiento de los rodetes y álabes con una entrada o

distribuidor fijo, teniendo un parecido al que utilizan los barcos, esta turbina se implementa cuando las variables de velocidad y de caudal son constantes.

6.3. MARCO CONCEPTUAL

Figura 11. Diagrama conceptual resalto hidráulico

Fuente: Autor



7. ALCANCES Y LIMITACIONES.

7.2. ALCANCE:

Con la siguiente investigación se busca estudiar diferentes tipos de resaltos hidráulicos con variaciones en las características principales en un canal rectangular y con ayuda de una turbina, se define la de mejor lugar para la aplicación sobre él, así mismo obtener el más alto aprovechamiento de energía en dicho resalto hidráulico.

7.2.3. Espacio: La investigación será desarrollada en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia, dando uso a el laboratorio de hidráulica con una solicitud previa.

7.2.4. Tiempo: El desarrollo de la presente investigación se realizará en 16 semanas, en las primeras semanas se dará una recolección de información para tener unas hojas de cálculo para realizar la investigación en las semanas posteriores, con variaciones de las características del resalto hidráulico, para concluir en las últimas semanas el salto hidráulico con las características adecuadas para la implementación de la turbina y al final llegar a un documento con los aspectos requeridos.

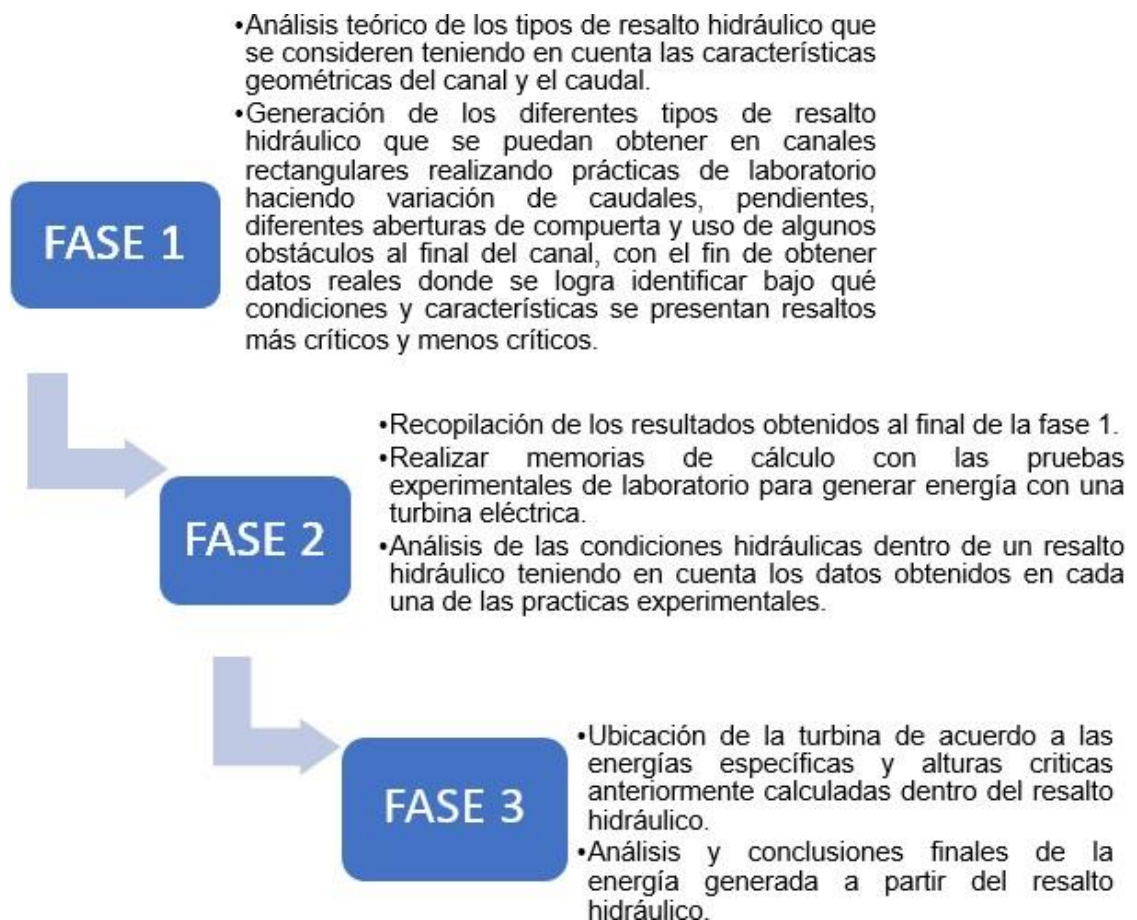
7.3. LIMITACIONES:

La presente investigación se limitara al estudio de un resalto hidráulico en canales rectangulares con variaciones de pendientes, ya que por tan corto tiempo de desarrollo no se implementara en más tipos canales o tuberías, no se llevara a cabo una investigación afondo sobre la turbina por lo cual se implementara una turbina de pequeño calibre para tener el dato sobre la generación de energía, dando así que por ese motivo no se llevara a cabo pruebas en situaciones reales, dándonos una limitación a la investigación de simplemente académica y se desarrollara en los laboratorios de la Universidad Católica de Colombia.

8. METODOLOGÍA

Para el desarrollo pertinente de esta investigación se realiza una planeación previa con la cual se deben llevar a cabo los objetivos anteriormente planteados, iniciando por una recopilación teórica y experimental de las características y condiciones del resalto, seguido de evaluar las características importantes del resalto hidráulico, se procederá a realizar un montaje de turbina para generar energía utilizando el flujo de agua y por último, según los datos recopilados de energía en el resalto, se establecerá una posición optima de la turbina con la que posiblemente se produzca la mayor cantidad de energía hidráulica. Por lo tanto, para esta investigación se han determinado las siguientes fases importantes para su desarrollo:

Figura 12. Diagrama metodológico



Fuente: Autor

9. CALCULOS DEL RESALTO HIDRAULICO

Para el cálculo y análisis del resalto hidráulico fue necesario realizar una memoria de calculo que se anexa a este documento con el fin de tener claridad de todos los cálculos realizados a partir de datos teóricos y experimentales, por tanto, se realizara una breve descripción de la metodología empleada para los cálculos y como se desarrollaron estos.

A partir de investigaciones como la presentada en el estado del arte y el marco teórico se vio la necesidad de desarrollar experimentalmente una comprobación de las características más importantes del resalto hidráulico, las cuales componen las primeras hojas de cálculo.

En la primera parte se tienen los datos experimentales obtenidos de resalto hidráulico, como se muestra en la **Tabla 2.** en la que se registraron los valores principales, como inclinación, esta variable se tiene teniendo en cuenta la inclinación del canal la cual puede variar entre 0% y 3%

caudal (Q), temperatura del agua, alturas importantes como abertura de compuerta y vertedero de excesos, otras alturas como altura al inicio del resalto (Y1), altura al final del resalto (Y2) y la longitud total del resalto, cada una de las variables está debidamente etiquetada con sus respectivas unidades. Cada dato esta seguido de una observación en la cual se tienen en cuenta parámetros acerca del resalto, unos de estos parámetros son; No se genera, es decir que el resalto no se genera bajo estas condiciones, Resalto leve, es un tipo de resalto al que no se evidencia un cambio de flujo, El resalto llega a la compuerta, es un fenómeno muy común debido a que entre mayor sea la altura del vertedero de excesos, el resalto estará más lejos de este y más cerca de la compuerta y entre otras observaciones que se consideraron importantes. Para la determinación del ángulo de inclinación del canal se realizó una relación entre el porcentaje de inclinación y la longitud del canal como se muestra en la siguiente demostración:

$$\begin{aligned}\% \text{ de inclinacion} &= \frac{\text{Altura de inclinacion}}{\text{longitud del canal}} \\ \text{Altura de inclinacion} &= \frac{\% \text{ de inclinacion} * \text{longitud del canal}}{100} \\ \theta &= \tan^{-1} \left(\frac{\text{altura de inclinacion}}{\text{longitud del canal}} \right) \quad \{18\}\end{aligned}$$

En la siguiente hoja de cálculo denominada TEORICA se tienen los datos teóricos a partir de la lectura inicial de datos en la cual solo se tendrá en cuenta la altura experimental al inicio del resalto (Y1), las demás variables allí descritas se calcularon a partir de las anotaciones y ecuaciones respectivamente descritas en el marco teórico, de la ecuación {1} a la ecuación {17}, cada una de las variables esta nombrada como se muestra en la descripción de las ecuaciones y etiquetadas con sus respectivas unidades como se ve representado en la **Tabla 3**. Para estos cálculos solo se tuvo en cuenta los datos del canal y el caudal de suministro, con una variación de pendientes del 0,001%, 1%, 2% y 3% de inclinación, la variación de caudales está entre 30 l/min y 130 l/min, las alturas se variaron únicamente entre 1 y 3cm para el inicio del resalto.

Los datos de Numero de Froude (Casilla Fr 1 y Fr 2) respectivamente que se encuentran en como rojo, son los resaltos que no se generan y por lo tanto no se tendrán en cuenta para el análisis con los datos experimentales.

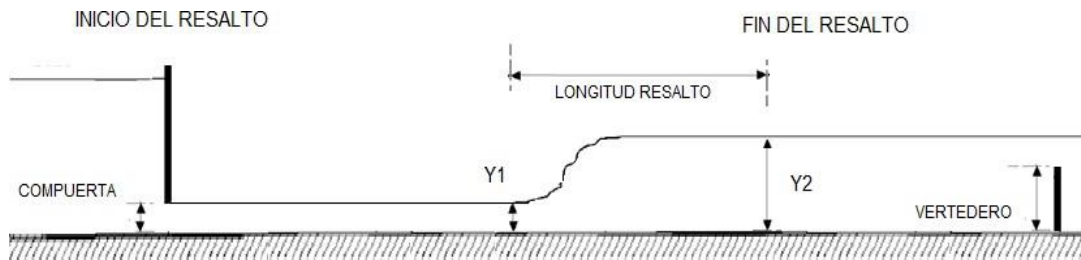
En la **Tabla 4**. Se encuentran representados los cálculos experimentales de la hoja de cálculo, se encuentran los datos a partir de las fórmulas utilizadas en los cálculos teóricos de resalto hidráulico, en esta se tuvo en cuenta la altura (Y1) y (Y2) medidas respectivamente en el laboratorio y consignada en la tabla de DATOS del resalto.

Los datos fijos del canal y sus características como inclinación en porcentaje y ángulo respectivamente, longitud, ancho y altura que se consideran los datos de entrada para los previos cálculos que se desarrollaron de resalto

hidráulico, ya que la geometría del canal es uno de los factores más importantes a tener en cuenta en el comportamiento del flujo y del resalto en general. Todos los datos calculados se encuentran clasificados por la inclinación menor (0%) hasta la mayor (3%), y ordenados por el caudal de mayor a menor con el fin de dar al lector facilidad a la hora de interpretar los cálculos realizados.

Finalmente, de estos cálculos se obtuvo una comprobación experimental general del resalto hidráulico bajo las condiciones del canal y el suministro utilizado en el desarrollo de esta investigación y de la cual se obtuvo un rango de resaltos generados con el fin de encontrar los perfiles en los que se podría utilizar o implementar la turbina para el objetivo general de esta investigación que es la generación de energía en el resalto hidráulico.

Figura 13. Esquema del resalto hidráulico



Fuente: Autor

Tabla 1. Datos de entrada

		INCLINACION 1	INCLINACION 2	INCLINACION 3	INCLINACION 4
PORCENTAJE DE INCLINACION	(%)	0,001	1	2	3
LONGITUD	(m)	1,3	1,3	1,3	1,3
ALTURA	(m)	0,25	0,25	0,25	0,25
ALTURA PENDIENTE	(m)	0,000013	0,013	0,026	0,039
ANGULO DE PENDIENTE	°	1E-05	0,009999667	0,019997334	0,029991005
BASE DEL CANAL	(m)	0,075	0,075	0,075	0,075

Fuente: Autor

Tabla 2. Datos obtenidos de resalto hidráulico

 IMPLEMENTACION DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CANALES RECTANGULARES DATOS OBTENIDOS DE RESALTO HIDRÁULICO											
N DATO	IN. CANAL (θ)	IN. CANAL (RAD)	Q (l/min)	Q (m³/s)	T (°C)	COMP (m)	Y1 (m)	Y2 (m)	L (m)	OBSERVACIONES	OBSTACULO (m)
INCLINACION DEL 0,001%											
1	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,03				NO SE GENERA	NO
2	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,03				NO SE GENERA	0,010
3	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,03				NO SE GENERA	0,035
4	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,03				NO SE GENERA	0,025
5	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,03				NO SE GENERA	0,050
6	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,02				NO SE GENERA	NO
7	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,02				NO SE GENERA	0,010
8	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,02				NO SE GENERA	0,035
9	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,02				NO SE GENERA	0,025
10	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,02				NO SE GENERA	0,050
11	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,01				NO SE GENERA	NO
12	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,01	0,0108	0,0290	0,080	RESALTO LEVE	0,010
13	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,01				EL RESALTO LLEGA A LA COMPUERTA POR OBSTACULO	0,025
14	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,01				EL RESALTO LLEGA A LA COMPUERTA POR OBSTACULO	0,035
15	1E-05	1,74533E-07	30	0,0005	17	0,01				EL RESALTO LLEGA A LA COMPUERTA POR OBSTACULO	0,050
16	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,03				NO SE GENERA	NO
17	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,03				NO SE GENERA	0,010
18	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,03				NO SE GENERA	0,035
19	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,03				NO SE GENERA	0,025
20	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,03				NO SE GENERA	0,050
21	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,02				NO SE GENERA	NO
22	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,02				NO SE GENERA	0,010
23	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,02				NO SE GENERA	0,035
24	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,02				NO SE GENERA	0,025
25	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,02				NO SE GENERA	0,050
26	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,01				NO SE GENERA	NO
27	1E-05	1,74533E-07	40	0,0007	17	0,01				NO SE GENERA	0,010

Fuente: Autor

Tabla 3. Cálculos teóricos de resalto hidráulico.



UNIVERSIDAD CATÓLICA

de Colombia

IMPLEMENTACION DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CANALES RECTANGULARES

CALCULOS TEORICOS DE RESALTO HIDRAULICO

							INICIO DEL RESALTO				FIN DEL RESALTO							
N DATO	IN. CANAL (%)	IN. DEL CANAL (RAD)	Q (l/min)	Q (m³/s)	VERT (m)	COMP. (m)	Y1 (m)	V 1 (m/s)	Fr 1	E 1 (m)	Y2 (m)	V2 (m/s)	Fr 2	E2 (m)	Yc (m)	T (°C)	ρ (kg/m3)	γ (Pa)
1	1E-05	1,74533E-07	30	0,00050	0,010	0,01000	0,0108	0,6173	1,8964	0,0360	0,0187	0,3572	0,8347	0,0271	0,01655	17	998,86	9798,82
2	1E-05	1,74533E-07	40	0,00067	0,025	0,01000	0,0074	1,2012	4,4583	0,1030	0,0394	0,2256	0,3628	0,0428	0,02005	17	998,86	9798,82
3	1E-05	1,74533E-07	50	0,00083	0,000	0,02000	0,0205	0,5420	1,2086	0,0400	0,0160	0,6941	1,7515	0,0479	0,02326	17	998,86	9798,82
4	1E-05	1,74533E-07	50	0,00083	0,010	0,02000	0,0140	0,7937	2,1416	0,0557	0,0290	0,3835	0,7193	0,0387	0,02326	17	998,86	9798,82
5	1E-05	1,74533E-07	50	0,00083	0,010	0,01000	0,0150	0,7407	1,9310	0,0514	0,0266	0,4170	0,8157	0,0382	0,02326	17	998,86	9798,82
6	1E-05	1,74533E-07	50	0,00083	0,025	0,01000	0,0096	1,1574	3,7715	0,0984	0,0418	0,2656	0,4147	0,0465	0,02326	17	998,86	9798,82
7	1E-05	1,74533E-07	50	0,00083	0,035	0,01000	0,0073	1,5221	5,6877	0,1608	0,0515	0,2156	0,3033	0,0546	0,02326	17	998,86	9798,82
8	1E-05	1,74533E-07	60	0,00100	0,010	0,02000	0,0150	0,8889	2,3172	0,0674	0,0347	0,3840	0,6579	0,0445	0,02627	17	998,86	9798,82
9	1E-05	1,74533E-07	70	0,00117	0,000	0,02000	0,0200	0,7778	1,7559	0,0601	0,0307	0,5073	0,9250	0,0477	0,02911	17	998,86	9798,82
10	1E-06	1,74533E-07	70	0,00117	0,010	0,02000	0,0200	0,7778	1,7550	0,0601	0,0307	0,5073	0,9250	0,0477	0,02911	17	998,86	9798,82

MOMENTO		EFICIENCIA		LONGITUD DEL RESALTO								
M 1 (N*m)	M 2 (N*m)	Δ E	Ef (%)	TIPO RESALTO	L REAL (m)	SILVESTRE (m)	WOYCIKI (m)	SMETANA Y TIZON (m)	PAVLOVSKY (m)	LUDIN (m)	SAFRENEZ (m)	RAJARATNAM (m)
0,00004	0,00004	0,0089	24,77	DEBIL	0,08	0,0943	0,1046	0,0796	0,0873	0,1667	0,1229	0,1444
0,00009	0,00013	0,0602	58,47	OSCILANTE	0,02	0,2526	0,2752	0,2142	0,1862	0,2171	0,1979	0,2586
0,00008	0,00008	-0,0080	-19,93	ONDULANTE	0,19	0,0411	0,0457	0,0345	0,0735	0,3330	0,1487	0,1575
0,00008	0,00010	0,0170	30,53	DEBIL	0,13	0,1560	0,1730	0,1318	0,1359	0,2294	0,1799	0,2158
0,00008	0,00009	0,0132	25,68	DEBIL	0,08	0,1361	0,1510	0,1149	0,1247	0,2333	0,1738	0,2049
0,00011	0,00015	0,0519	52,72	OSCILANTE	0,19	0,2621	0,2872	0,2222	0,1975	0,2421	0,2172	0,2798
0,00013	0,00022	0,1062	66,04	ESTABLE	0,31	0,3388	0,3650	0,2873	0,2439	0,2694	0,2491	0,3311
0,00011	0,00013	0,0229	33,94	DEBIL	0,10	0,1932	0,2140	0,1633	0,1631	0,2577	0,2085	0,2533
0,00012	0,00013	0,0124	20,58	DEBIL	0,17	0,1470	0,1632	0,1240	0,1431	0,3005	0,2107	0,2440
0,00012	0,00013	0,0124	20,58	DEBIL	0,21	0,1470	0,1632	0,1240	0,1431	0,3005	0,2107	0,2440

Tabla 4. Cálculos experimentales de resalto hidráulico.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

IMPLEMENTACION DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CÁLCULOS EXPERIMENTALES DE RESALTO HIDRÁULICO

N DATO	IN. CANAL (%)	IN. DEL CANAL (RAD)	Q (l/min)	Q (m3*s)	VERT (m)	COMP. (m)	INICIO DEL RESALTO				FIN DEL RESALTO			
							Y1 (m)	V 1 (m/s)	Fr 1	E 1 (m)	Y2 (m)	V2 (m/s)	Fr 2	E2 (m)
1	1E-05	1,74533E-07	30	0,00050	0,010	0,01000	0,0108	0,6173	1,8964	0,0360	0,0290	0,2299	0,4310	0,0325
2	1E-05	1,74533E-07	40	0,00067	0,025	0,01000	0,0074	1,2012	4,4583	0,1030	0,0495	0,1796	0,2577	0,0516
3	1E-05	1,74533E-07	50	0,00083	0,000	0,02000	0,0205	0,5420	1,2086	0,0400	0,0394	0,2820	0,4536	0,0447
4	1E-05	1,74533E-07	50	0,00083	0,010	0,02000	0,0140	0,7937	2,1416	0,0557	0,0425	0,2614	0,4049	0,0470
5	1E-05	1,74533E-07	50	0,00083	0,010	0,01000	0,0150	0,7407	1,9310	0,0514	0,0360	0,3086	0,5194	0,0423
6	1E-05	1,74533E-07	50	0,00083	0,025	0,01000	0,0096	1,1574	3,7715	0,0984	0,0530	0,2096	0,2907	0,0559
7	1E-05	1,74533E-07	50	0,00083	0,035	0,01000	0,0073	1,5221	5,6877	0,1608	0,0646	0,1720	0,2161	0,0666
8	1E-05	1,74533E-07	60	0,00100	0,010	0,02000	0,0150	0,8889	2,3172	0,0674	0,0480	0,2778	0,4048	0,0531

ENERGÍA EN CANALES RECTANGULARES

CO

				MOMENTO				EFICIENCIA DEL RESALTO			TIPO RESALTO
Yc (m)	T (°C)	ρ (kg/m³)	γ (Pa)	M 1 (N·m)	M 2 (N·m)	Δ E	H (m)	Ef 1	Ef 2	Ef 2/Ef 1	
0,01655	17	998,86	9798,82	0,00004	0,00007	0,0035	0,0158	102,89	0,93	0,01	DEBIL
0,02005	17	998,86	9798,82	0,00009	0,00020	0,0514	0,0454	1660,45	0,28	0,00	OSCILANTE
0,02326	17	998,86	9798,82	0,00008	0,00014	-0,0047	0,0065	22,66	1,07	0,05	ONDULANTE
0,02326	17	998,86	9798,82	0,00008	0,00016	0,0087	0,0266	154,08	0,80	0,01	DEBIL
0,02326	17	998,86	9798,82	0,00008	0,00012	0,0090	0,0229	109,27	1,55	0,01	DEBIL
0,02326	17	998,86	9798,82	0,00011	0,00023	0,0424	0,0468	973,59	0,36	0,00	OSCILANTE
0,02326	17	998,86	9798,82	0,00013	0,00033	0,0942	0,0614	3584,93	0,19	0,00	ESTABLE
0,02627	17	998,86	9798,82	0,00011	0,00020	0,0142	0,0332	199,93	0,80	0,00	DEBIL

LONGITUD DEL RESALTO							
L REAL (m)	SILVESTRE (m)	WOYCIKI (m)	SMETANA Y TIZON (m)	PAVLOVSKY (m)	LUDIN (m)	SAFRENEZ (m)	RAJARATNAM (m)
0,08	0,0943	0,1046	0,0796	0,0873	0,1667	0,1229	0,1444
0,02	0,2526	0,2752	0,2142	0,1862	0,2171	0,1979	0,2586
0,19	0,0411	0,0457	0,0345	0,0735	0,3330	0,1487	0,1575
0,13	0,1560	0,1730	0,1318	0,1359	0,2294	0,1799	0,2158
0,08	0,1361	0,1510	0,1149	0,1247	0,2333	0,1738	0,2049
0,19	0,2621	0,2872	0,2222	0,1975	0,2421	0,2172	0,2798
0,31	0,3388	0,3650	0,2873	0,2439	0,2694	0,2491	0,3311
0,10	0,1932	0,2140	0,1633	0,1631	0,2577	0,2085	0,2533

Fuente : Autor

10. PRACTICAS DE LABORATORIO

El canal del laboratorio de la Universidad católica es de sección rectangular, cuenta con 5m de longitud, 0,075m de ancho y 0,25m de altura. Sus paredes son laminas transparentes con 0,01m de espesor, la base es en metal con dos apoyos como se muestra en las siguientes imágenes:

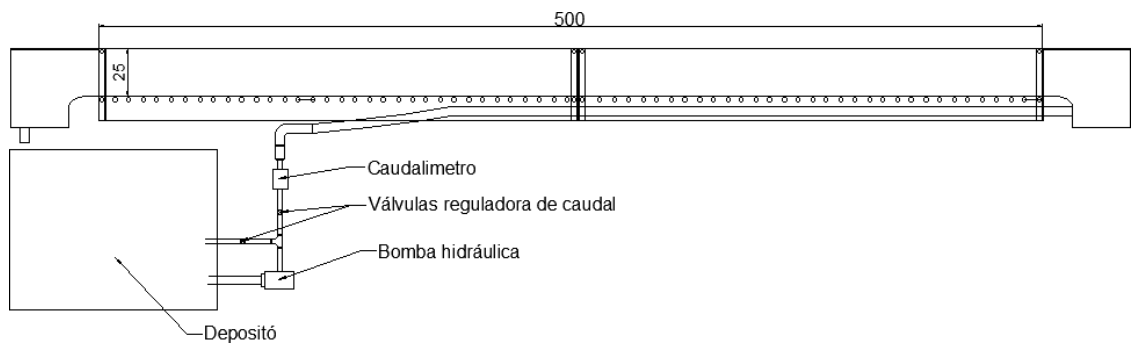
10.1. Geometría del canal

Figura 14. Canal laboratorio hidráulica



Fuente: Autor

Figura 15. Dimensiones Generales canal laboratorio hidráulica



Fuente: Autor

10.3. Nivelación y calibración del canal

Para la calibración del canal se realizaron medidas a lo largo del canal para demostrar que cumpliera con las especificaciones del fabricante, donde se logró observar que el canal tiene las mismas medidas a lo largo y ancho desde el apoyo 1 hasta el final del mismo, donde se encuentra el tanque para recolectar el agua que circula en el canal. El canal está conectado a un sistema de bombas que permiten un suministro medido del caudal que se requiere para las respectivas prácticas.

Figura 16. Apoyo 1. Inicio del canal



Fuente: Autor

Figura 17. Apoyo 2. Inicio del canal



Fuente: Autor

En cuanto a la nivelación del canal, se hizo uso de un nivel manual para todo el canal, iniciando por el fondo del canal, que se encuentra totalmente novelado. Para los apoyos fue necesario colocar tacos de madera para nivelar completamente el canal que presentaba un poco de desviación en sus apoyos.

Figura 18. Nivelación fondo del canal.



Fuente: Autor

Figura 19. Nivelación del apoyo 2.



Fuente: Autor

Figura 20. Canal y tablero de inclinación (%)



Fuente: Autor

10.4. Descripción de prácticas de laboratorio resalto hidráulico

Las prácticas de laboratorio se realizaron para determinar los cálculos experimentales de resalto hidráulico, por lo tanto, fue necesario formar diferentes resaltos y tomar los datos más importantes.

Primero se debe establecer la inclinación para calcular la pendiente del canal, se inició con una inclinación de 0,001%, luego se gradúa el caudal de elección entre 30 l/min hasta 130 l/min como máximo. Para generar los resaltos se coloca una compuerta en la sección transversal del canal, se varia la abertura de la compuerta para tratar de generar resaltos más fuertes, estas aberturas varían entre 1cm, 2cm y hasta 3cm dependiendo el caudal, es de tener en cuenta que en la mayoría de casos no se formaba el resalto o se formaban unos resaltos muy leves, por esta razón se decide colocar al final del canal una serie de obstáculos de diferentes tamaños para generar resaltos más fuertes, los obstáculos a utilizar tienen diferentes alturas (1cm, 2,5cm, 3,5cm, 5 cm, 6cm y 8,5cm).

Durante cada una de las practicas, se verifica la inclinación deseada, se procede a encender la bomba y se abre la válvula reguladora de caudal de paso según el caudal que se requiere, se debe tener en cuenta la abertura de la válvula reguladora de caudal y los obstáculos, cuando se genera el resalto, se mide la altura al inicio del resalto, al final del resalto y la longitud, estos datos se consignan debidamente en el libro de Excel, hoja DATOS con su respectiva observación.

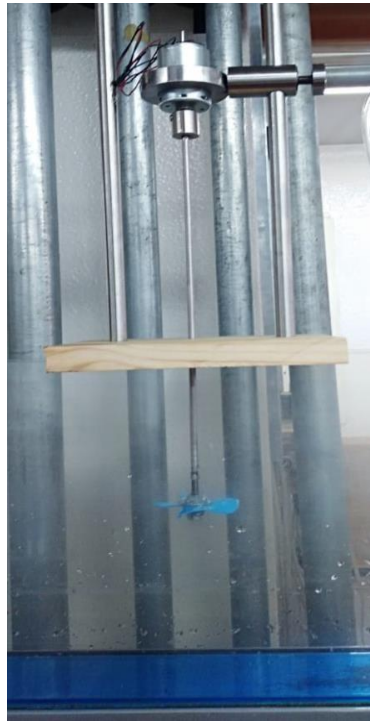
Este procedimiento se repite para todos los caudales, aberturas y tipos de obstáculos con el fin de generar diferentes resaltos.

Se consta con los formatos de solicitud de laboratorio de hidráulica de la Universidad Católica de Colombia, con los respectivos días y horas solicitadas **ANEXO O**.

11. MONTAJE DE TURBINA

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se llevó una experimentación sobre el montaje de una turbina para la obtención de energía dentro del resalto hidráulico, sobre la investigación se propuso primeramente un montaje sumergido con el eje de la hélice de 4 alabes de 56 mm P/ejes 2 mm paralelo al fluido incluyendo el dinamo, pero dicho montaje no se obtuvo resultados favorables, ya que por el motivo de que la turbina dentro del flujo realizaría una obstrucción y también alterando los resaltos hidráulicos a estudiar, ya teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado sobre la obstrucción del flujo, se realizó un montaje con un eje perpendicular al flujo con la misma hélice mencionada, pero el montaje dentro un resalto hidráulico no obtuvo resultado, ya que la hélice de 4 alabes no rotaba, por ese motivo se implementó otra hélice con los alabes más pronunciados y restos, y por motivos investigativos se modificó la hélice de alabes rectos, removiendo la conexión interna entre los alabes, pero de igual forma no se obtuvo resultado de rotación.

Figura 21. Montaje de turbina 1



Fuente: Autor

Figura 22. Hélice de cuatro alabes



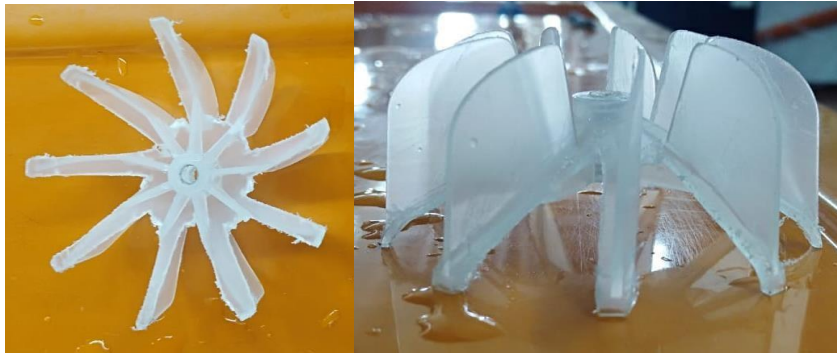
Fuente: Autor

Figura 23. Hélice alabes rectos



Fuente: Autor

Figura 24. Helice alabes rectos modificada



Fuente: Autor

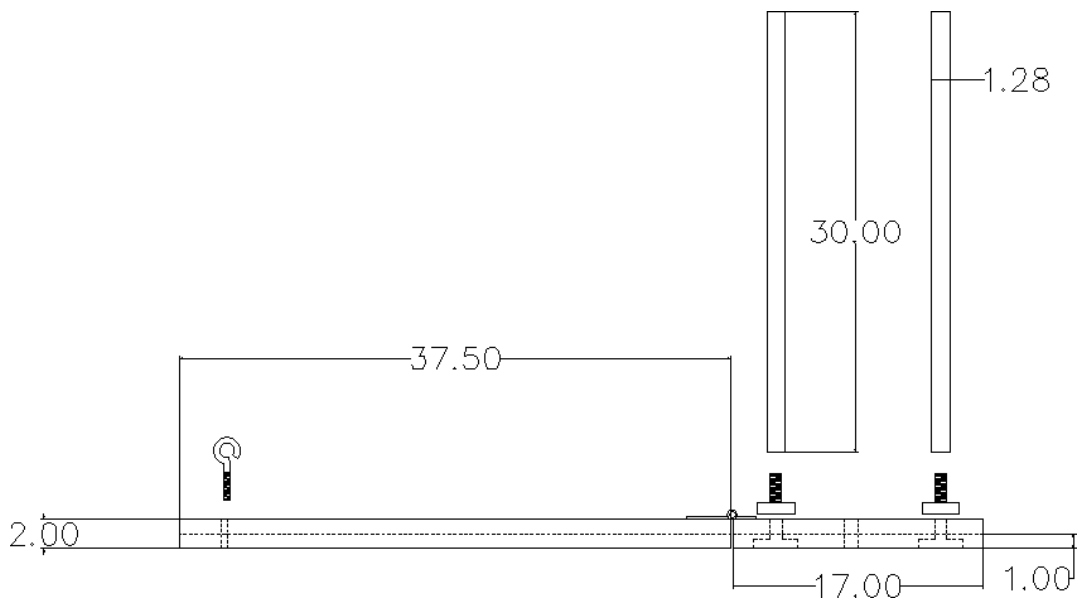
Ya con el estudio previo y los problemas para la obtención de energía y que la hélice a implementar no rotaba, se llegó a la idea de implementar la misma hélice de 4 alabes con el eje inclinado a el flujo, llegando a un montaje satisfactorio dando una rotación constante para así generar energía eléctrica.

Dicho montaje se compone con unos soportes en madera en la parte superior del canal, uno una parte fija y otra móvil unidos con una bisagra, el fijo tiene la función de mantener el montaje estable y en su lugar , también generando un contrapeso a la otra parte y el móvil en dar la inclinación al eje de la hélice, soportar dos vástagos de acero inoxidable, uno de los vástagos está unido con el soporte fijo mediante un tensor para poder graduar el ángulo de inclinación, el otro vástago sostiene el accesorio que sujeta el dinamo con la hélice de 4 alabes con su respectivo eje y con ello graduar la altura del mismo.

El montaje tiene las siguientes medidas:

- Soporte fijo: largo 37,5 cm, ancho 14 cm y con un espesor de 2 cm.
- Soporte móvil: largo 17 cm, ancho 14 cm y con un espesor de 2 cm.
- Vástagos: largo 30 cm y diámetro de 5/16"
- Eje de hélice: largo 28 y diámetro de 3/16"

Figura 25. Esquema montaje experimental de turbina



Fuente: Autor

Figura 26. Base de la turbina



Fuente: Autor

Figura 27. Vastagos de soporte y tensor



Fuente: Autor

Figura 28. Accesorio y Dinamo 24V



Fuente: Autor

Figura 29. Acople dinamo a eje de hélice



Fuente: Autor

Figura 30. Eje de hélice



Fuente: Autor

Figura 31. Montaje final turbina



Fuente: Autor

12. GENERACION DE ENERGIA

La energía en el resalto es una de las características más importantes a tener en cuenta, por tanto, se vio la necesidad de aprovechar dicha energía para transformarla y ser aprovechada en el fenómeno del resalto hidráulico, a continuación, se presenta el procedimiento experimental por el cual se obtuvo esta energía realizando la implementación de la turbina anteriormente descrita en el montaje experimental.

Para el inicio de esta obtención de energía, se caracterizaron los resaltos que, en la comprobación experimental, teniendo en cuenta las mayores alturas de resalto, número de Froude y velocidades calculadas anteriormente en la etapa de comprobación.

12.2. DESCRIPCION EXPERIMENTAL DE GENERACION DE ENERGIA

A partir de los perfiles de resalto generados se inició por los resaltos de menor pendiente en el canal y caudales bajos, de los cuales se despreciaron los menores a 60L/s, que tuvieron menores alturas, numero de Froude y velocidad, luego de esto de inicio la implementación de la turbina con el fin de observar en qué punto del resalto se podría generar energía, primero se esperaba a la estabilización del resalto y luego se iniciaba la acomodación de la turbina, a medida que se introducía la turbina en el resalto, este se desplazaba notoriamente desde el punto de estabilización, pues en este caso la turbina actúa como un obstáculo que interviene el flujo y se desplaza lentamente hacia la compuerta.

Este procedimiento de la turbina se realizó con cada uno del resalto generados en comprobación, bajo las mismas condiciones de inclinación, compuerta, caudal y vertedero de excesos que con las características que contribuyen a la diferente generación de los perfiles hidráulicos. Teniendo en

cuenta esto, se tomaron los datos importantes de resalto (Y_1 , Y_2 , longitud del resalto, longitud de desplazamiento).

Para la generación de energía se tomó la altura (Y_t) que está comprendida desde el fondo del canal hasta el eje central de la turbina, luego se calcula el ($Y\theta$) que es la diferencia entre la altura del canal y la posición de turbina Y_t , para las distancias horizontales, se hizo la lectura de la longitud de desplazamiento del resalto (L_t), la distancia entre el inicio del resalto y el eje central de la turbina (X_t) y por último la distancia entre el apoyo de la turbina y el eje central ($X\theta$) para calcular el ángulo de inclinación de la turbina. El ángulo de inclinación se obtuvo por una relación trigonométrica simple con la siguiente ecuación:

$$\theta_t = \left[\tan \left(\frac{Y\theta}{X\theta} \right) \right] * \left[\frac{180}{\pi} \right] \quad \{19\}$$

Para el cálculo de la energía se tomaron cinco valores de voltaje medidos con un multímetro, de los cuales se tomó un voltaje promedio y a partir de la desviación estándar de estos datos, se calculó un rango para tener una mayor precisión de los datos.

Figura 32. Multímetro



Fuente: Autor

12.3. DATOS OBTENIDOS Y CALCULOS DE ENERGIA

De las practicas experimentales de energía realizadas en el laboratorio, se realizaron memorias de cálculo con los datos obtenidos y las comparaciones más relevantes de esta experimentación.

Como primero tenemos la recopilación de datos luego de la implementación de la turbina, se realizaron las diferentes medidas y observaciones en los casos en que no se generara la energía o en el dado caso en que no se realizara la respectiva medición de los voltajes, los datos consignados de energía se encuentran en la hoja de cálculo DATOS ENERGIA como se muestra en la tabla del ANEXO A.

En la Tabla 6. Se evidencian los datos de los resaltos que generan energía con la cantidad de voltajes generados y todos los cálculos del resalto basados en las ecuaciones del marco teórico desde la ecuación {1} hasta la ecuación

{17} con el fin de comprobar y comparar la variación experimental al implementar la turbina.

En una hoja de cálculo final, se ha recopilado la información de la generación de energía más relevante sobre la posición y voltajes máximos.

Tabla 4. Cálculos experimentales de resalto hidráulico.



UNIVERSIDAD CATÓLICA

de Colombia

IMPLEMENTACION DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CANALES RECTAN

DATOS OBTENIDOS DE ENERGÍA EN EL RESALTO HIDRAULICO

								ANGULO TURBINA					
N DATO	IN. CANAL (e)	IN. CANAL (RAD)	Q (l/min)	Q (m ³ /s)	T (°C)	COMP (m)	VERT (m)	Y1 (m)	Y2 (m)	Yt (m)	Ye (m)	Xe (m)	e (°)
9	1E-05	1,74533E-07	70	0,0012	17	0,02	0,010						
10	1E-05	1,74533E-07	80	0,0013	17	0,02	0,010	0,0157	0,0473	0,0208	0,2292	0,4350	27,7846
11	1E-05	1,74533E-07	80	0,0013	17	0,02	0,025	0,0125	0,0632	0,0170	0,2330	0,4330	28,2850
12	1E-05	1,74533E-07	90	0,0015	17	0,02	0,050				0,2500		
13	1E-05	1,74533E-07	90	0,0015	17	0,02	0,025	0,0145	0,0655	0,0143	0,2357	0,4450	27,9085
14	1E-05	1,74533E-07	90	0,0015	17	0,02	0,035				0,2500		
15	1E-05	1,74533E-07	100	0,0017	17	0,03	0,010	0,0195	0,0561	0,0235	0,2265	0,4450	26,9756
16	1E-05	1,74533E-07	110	0,0018	17	0,03	0,025	0,0166	0,0712	0,0275	0,2225	0,4300	27,3589
17	1E-05	1,74533E-07	120	0,0020	17	0,03	0,025	0,0198	0,0754	0,0250	0,2250	0,4430	26,9260
18	1E-05	1,74533E-07	130	0,0022	17	0,03	0,035	0,0185	0,0863	0,0214	0,2286	0,4450	27,1899
19	1E-05	1,74533E-07	130	0,0022	17	0,03	0,025	0,0214	0,0787	0,0263	0,2237	0,4560	26,1312
INCLINACION DEL 1%													

IGULARES

		VOLTAJE					RANGO			OBSERVACIONES
Xt (m)	Lt (m)	V1	V2	V3	V4	V5	V prom	desde	hasta	
										NO SE GENERA ENERGIA
0,1050	2,000	1,410	1,380	1,490	1,370	1,550	1,440	1,363	1,517	
0,2250	2,760	1,050	1,120	1,210	1,300	1,150	1,166	1,072	1,260	
0,2200	1,035	1,140	1,220	1,160	1,240	1,320	1,216	1,145	1,287	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
										EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
0,1550	2,05	1,220	1,420	1,340	1,380	1,470	1,366	1,271	1,461	
0,1900	1,14	1,390	1,210	1,410	1,500	1,710	1,444	1,262	1,626	
0,2140	1,170	1,840	1,720	1,540	1,790	1,880	1,754	1,620	1,888	
0,2300	0,930	2,110	2,850	2,780	1,940	1,910	2,318	1,857	2,779	
0,160	1,1700	2,340	2,470	2,560	2,440	2,380	2,438	2,353	2,523	

Fuente: Autor

13. RESULTADOS OBTENIDOS

De acuerdo con la metodología mencionada **Figura 12**, se realizaron 393 verificaciones de la generación del resalto hidráulico en el canal rectangular, generando unas limitaciones de compuertas **ANEXO N**, dado que con algunos caudales y combinaciones de compuertas se generaba un rebosamiento del canal y con esto llegamos a las limitaciones del canal, como son de pendiente (0.0001% - 3%), caudal (50 l/min – 130l/min) y según el caudal la compuerta de 1 cm a 3 cm de altura, pero por estas limitación se realizó una filtración de datos con el número de Froude **ANEXO N**, ya que en los tramos debería cumpliese ($Fr_1 > 0$ y $Fr_2 < 0$), quedado 135 resaltos hidráulicos los cuales se espera generar energía eléctrica y ser evaluados **ANEXO A**.

De los 135 resaltos hidráulicos de pendientes de 0.0001% y caudal de 130- 50 l/min, los resaltos variaron entre resalto débil a estable, los de pendiente 1% los resaltos variaron entre débil a oscilante, 2% los resaltos variaron entre débil a estable y 3% los resalto entre débil a estable, y con una seria de combinaciones de vertederos 1cm,2.5cm,3.5cm,5 cm,6cm,7.5cm y 8.5cm.

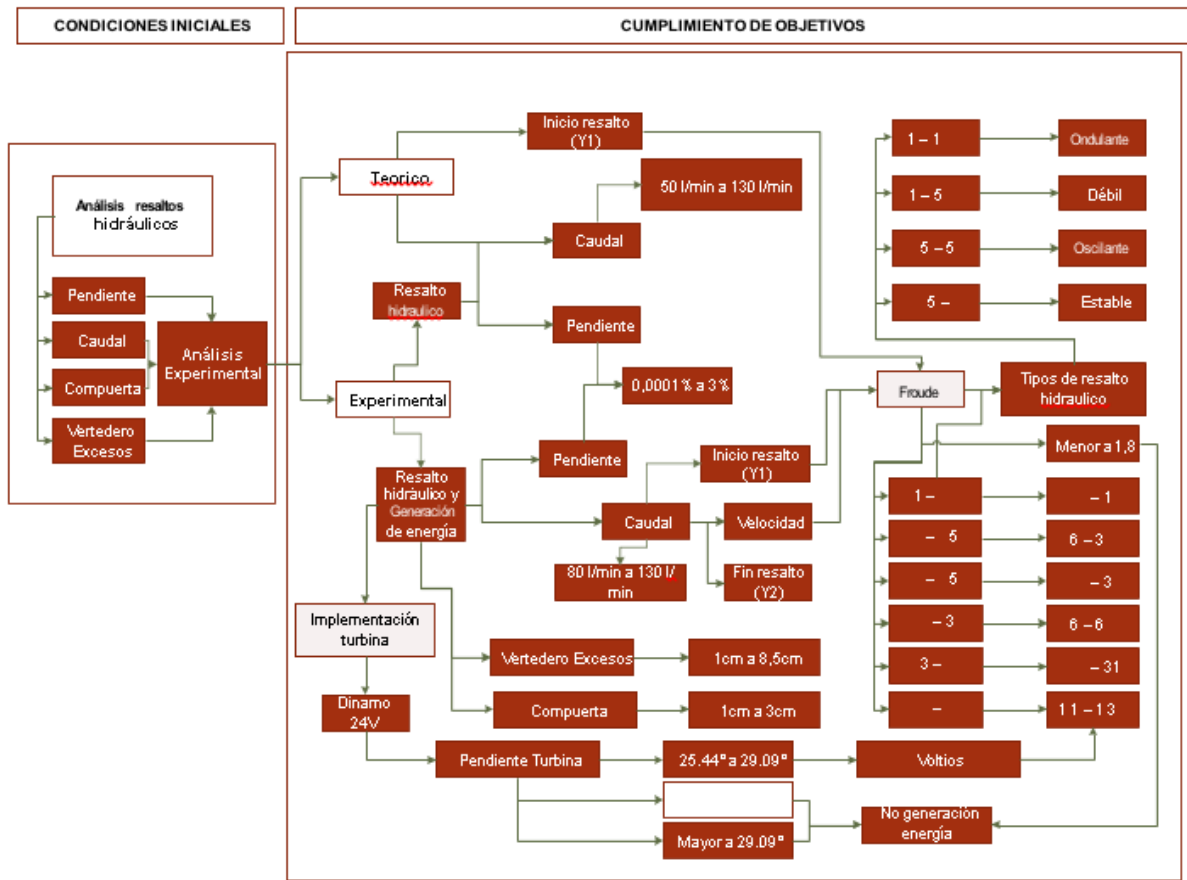
Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la fase 3 de la **Figura 12**, consiguiendo generar energía con algunos de los resaltos hidráulicos, ya que, por las características hidráulicas del resalto hidráulico era propenso a un desplazamiento hacia la compuerta por que la turbina generaba una obstrucción, en algunos casos el resalto generado llegaba a la compuerta y dicho resalto se disipaba o en otros casos el empuje de la fuerza de flujo no era suficiente para generar rotación de la hélice de la turbina, estas anotaciones se reflejan en la tabla de datos obtenidos de energía **ANEXO A**.

A partir de los datos encontrados al final de todo el proceso experimental se determinaron los factores que pueden influir en la generación de energía, la variable que tiene relación directa es el caudal, pues en los caudales más bajos no fue posible

la obtención de energía y en el caso de los caudales más altos se obtuvo mayor energía, también es importante mencionar las condiciones de variación que se contemplan desde el inicio de la investigación (compuerta, pendiente del canal y altura del vertedero) contribuyen a una mayor obtención de energía pese a que tienen a incrementar la velocidad en el resalto y esto ayuda a que el movimiento de giro de las hélices de la turbina sea constante.

Finalmente y con respecto a todos los cálculos de energía en el resalto se logró encontrar para este montaje experimental de turbina las condiciones del canal rectangular utilizado a lo largo de las prácticas de laboratorio se encontró una la posición más adecuada en la que se puede aprovechar la fuerza del flujo del resalto y la inclinación óptima del mismo, por tanto, se tiene que la altura de la turbina varía entre 4mm hasta 12mm con respecto al punto de inicio del resalto, en el eje horizontal la posición varía entre 10cm a 20cm respecto al punto inicial del resalto. Así mismo la inclinación de la turbina se encuentra en un rango de 25.44° a 29.08° . Seguido de la posición de la turbina se obtuvieron los valores de voltaje generado a partir de la implementación de la turbina en el cuerpo del resalto y el valor mayor de generación fue de 2.438V, con un amperaje de 1.2A según el tipo de motor empleado para generar finalmente 2.925 Watts de energía eléctrica a partir de un caudal de 130 l/min.

Figura 33. Protocolo de operación



Fuente: Autor

14. ANALISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a la comprobación inicial de los datos de resalto hidráulico, partiendo de la comparación entre el modelo teórico y experimental de los cálculos, se puede considerar que los factores físicos como la compuerta y altura del vertedero de excesos modifican notoriamente las alturas del resalto, estas alturas son determinantes en el tipo de resalto que se pueden formar con el resalto hidráulico. A partir de dicha comprobación se observa una clara variación en todos los cálculos, puesto que en los resultados teóricos no es preciso contemplar obstáculos o elementos que determinen la variación del tipo de flujo, por tanto, los cálculos experimentales no se asemejan a los resultados teóricos que tienen una variación

significativa en la altura de compuerta y vertedero de exceso, aunque se consideren los mismos caudales e inclinación del canal.

Otra de las comprobaciones que se contempló en la primera fase experimental, fue la longitud del resalto junto a las diversas ecuaciones de longitud de SILVESTRE, WOYCIKI, SMETANA Y TIZON, PAVLOVSKY, LUDIN, SAFRENEZ y RAJARATNAM, que no representaron mayor incidencia con la longitud experimental y por lo tanto para esta investigación se considera una variable despreciable con respecto al objetivo principal que se planteó para el desarrollo del mismo.

Por otro lado, los cálculos de velocidad y número de Froude en la primera etapa de comprobación fueron fundamentales para tener inicio en la fase experimental de implementación de la turbina, pues allí se tuvieron en cuenta los resaltos que se pueden generar a partir de las condiciones del canal y del suministro de agua, estos resaltos se caracterizaron por su tipo, donde los caudales menores presentaban menor número de Froude, menores alturas en los perfiles hidráulicos y menores velocidades datos que evidentemente no iban a generar energía y se despreciaron a la hora de obtener los voltajes y los cálculos de generación de energía, dichos caudales están comprendido de 30L/min hasta 70L/min.

Con base en los cálculos experimentales y la implementación de la turbina en el resalto hidráulico se recopilaron unos datos de generación de energía por lo que se considera importante evaluar las variables que modifican el resalto hidráulico y posteriormente plantear qué condiciones hacen una mayor o menor generación de voltaje. Uno de los factores con mayor incidencia en la formación de resaltos hidráulicos es el caudal, entre mayor caudal se espera un mejor tipo de resalto, otro factor importante es el número de Froude, que indica el tipo de resalto que se obtiene, este número de Froude depende velocidad con las alturas a inicio y fin del resalto, esta diferencia de alturas permite observar el cambio del flujo de supercrítico a subcrítico y donde se estabiliza el flujo en el canal como se evidencia en la siguiente grafica (Grafica)

Existen también dos factores físicos, primero se tiene el control de compuerta, que ayuda a formar la variación del flujo produciendo el fenómeno del resalto y como segundo, se utilizó para el desarrollo práctico unos vertederos de excesos que funcionan como obstáculos incrementando las alturas de los perfiles en los diferentes resaltos formados, los factores físicos son también denominados puntos de control que se acomodan a las características y geometría del canal. Como última variable que, a tener en cuenta en la formación de los resaltos hidráulicos, es la pendiente del canal que no interfiere ni tiene relación significativa con los cálculos relacionados al resalto.

En cuanto a la obtención de energía a partir de la implementación de la turbina en el resalto hidráulico, se puede observar que los resaltos de tipo ondulante no generaron energía a pesar de las variaciones en las variables que se tuvieron en cuenta en la generación de los resaltos, por el contrario, los resaltos de tipo oscilante fueron de los que más se obtuvo energía especialmente con los caudales más altos.

Como se muestra en la siguiente tabla de resultados, los valores máximos de energía eléctrica generada, dependen del caudal y los puntos de control que se puedan agregar en la formación de los resaltos, por ejemplo, la altura del vertedero de excesos o dicho en otras palabras los obstáculos interpuestos al resalto hidráulico dan un incremento significativo en los resultados de energía, esto se debe a que la altura del resalto es mayor cuando se presenta un obstáculo, por lo tanto la altura dentro de este se incrementa y así se genera un mayor voltaje al implementar la turbina. De esto se puede observar, que el resalto hidráulico es un fenómeno presente en el agua que depende de los factores del medio físico en el que se desarrolla y de la geometría del canal en el que se forma por tanto al tener mejores condiciones que proporcionen un resalto con características máximas, va a generar mayor energía en la rotación de la turbina.

Figura 34. Resultado resaltos hidráulicos máximos

INICIO DEL RESALTO										FIN DEL RESALTO				TIPOS RESALTO	Y t (m)	θ	Yc (m)	RANGO		WATTS
IN. CANAL (°)	Q (l/min)	Q (m³/s)	COMPUERTA	VRT (m)	Y1 (m)	V1 (m/s)	Fr 1	E 1 (m)	Y2 (m)	V2 (m/s)	Fr 2	E 2 (m)	VOLTAJE PROM							
0.001%	130	0.0022	0.03	0.03	0.0214	1.3499	2.9463	0.1421	0.0787	0.3671	0.4178	0.0876	RESALTO OSCILANTE	0.0263	26.1312	0.0440	2.3530	2.4380	2.5230	2.9256
1%	130	0.0022	0.03	0.05	0.0225	1.2840	2.7329	0.1317	0.0913	0.3164	0.3343	0.0979	RESALTO OSCILANTE	0.0250	26.9784	0.0440	2.3310	2.3860	2.4410	2.8632
2%	130	0.0022	0.03	0.04	0.0248	1.1649	2.3617	0.1147	0.0912	0.3168	0.3349	0.0978	RESALTO DEBIL	0.0260	27.6260	0.0440	2.3742	2.4380	2.5018	2.9256
3%	130	0.0022	0.03	0.06	0.0218	1.3252	2.8656	0.1382	0.1101	0.2624	0.2525	0.1147	RESALTO OSCILANTE	0.0275	27.5230	0.0440	2.3681	2.4560	2.5439	2.9472

Fuente: Autor

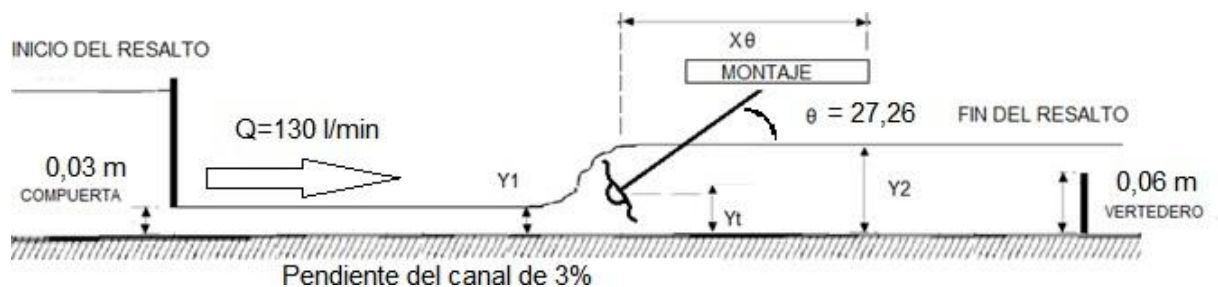
La posición indicada de la turbina influye determinantemente a la hora de obtener la energía, pues la inclinación no adecuada afecta al funcionamiento oprimo de este mecanismo, por tanto y según el rango descrito en los resultados de esta investigación la inclinación promedio para una buena generación es de 27.26° , una inclinación bastante certera al llevar a cabo la practica experimental para las condiciones de físicas e hidráulicas del resalto que se tuvieron en cuenta y que se escriben anteriormente en el desarrollo de este documento.

El ángulo de inclinación se logra a partir de una altura Y_t y una longitud X_t que se calcularon experimentalmente teniendo en cuenta el punto inicial del resalto, la altura Y_t tiene poca diferencia con respecto a la altura Y_1 (Altura al inicio del resalto), en cuanto a la longitud X_t , se tiene que no es un rango muy exacto, pero se debe garantizar que no sobrepase la mitad de la longitud total

del resalto (Donde $Y_t \approx Y_1$ y $X_t < \frac{L_{\text{resalto}}}{2}$), es importante tener en cuenta la

posición adecuada de la turbina y los estándares antes descritos, ya que, si se sobrepasan estos estándares analizados prácticamente no será posible obtener energía eléctrica que sea realmente eficiente.

Figura 34. Esquema resalto hidráulico con turbina con máxima generación



Fuente: Autor

15. CONCLUSIONES

De la investigación experimental anteriormente mencionada se obtuvieron los datos necesarios para el desarrollo de los objetivos planteados inicialmente y de los cuales se puede concluir lo siguiente:

- El canal del cual se hizo uso para las prácticas de laboratorio tiene unas mínimas condiciones de operación como la pendiente (0% a 3%) caudales (40l/min a 130l/min) y la geometría del canal que represento una limitación en la formación de los resaltos hidráulicos y por dicha limitación en la parte práctica se presenta una precisión en los resultados.
- Relacionando los calculo experimentales y teóricos para la comprobación de la formación de los resaltos, se considera que no tienen similitud en los resultados ya que en la parte experimental intervienen los vertederos o elementos físicos que proporcionan variación en los cálculos de las variables que caracterizan los resaltos hidráulicos.
- Se realizaron 391 ensayos para la formación de resaltos hidráulicos, pero experimentalmente solo se formaron 135 resaltos hidráulicos que podrían generar energía eléctrica con diferentes caudales, compuertas y vertederos, pero con la implementación de la turbina hidráulica se logró generar 73 resaltos que produjeron energía eléctrica.
- La eficiencia entre los dos puntos de control Y1 y Y2 del resalto con la turbina hidráulica, no tiene impacto con la generación de voltaje, ya que con la misma eficiencia se puede generar mayor o menor energía eléctrica.

- Los montajes iniciales de la turbina no tuvieron resultados favorables para la generación de energía ya que el flujo era perpendicular al eje de la hélice, también los tipos de hélice (Figura 22 y 23) no generaron rotación del eje y por lo tanto se vio la necesidad de buscar la inclinación apropiada para encontrar provecho al flujo del resalto y su energía.
- Se esperaba que la ubicación del eje de la hélice implementada estuviera ubicada en la altura crítica del resalto formado, pero experimentalmente se comprobó que la altura de la turbina, denominada como Y_t depende de la altura al inicio del resalto (Y_1), esto se debe a que el flujo de agua conserva más energía al inicio, caso contrario en el final del resalto donde la energía se ha disipado por tanto el resalto no genera energía a una altura muy distinta de Y_1 .
- Con lo observado en las gráficas generadas, se puede deducir que el caudal para la generación del resalto hidráulico con la turbina hidráulica, son directamente proporcionales con la generación de energía eléctrica (voltaje).
- El número de Froude para la generación de energía dentro de un resalto hidráulico en el canal utilizado, debe ser mayor a 1.8, ya que esto depende del caudal (velocidad y altura Y_1), con estos parámetros se dedujo que los tipos de resaltos para la generación de energía son débiles y oscilantes.

16. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una comprobación de la experimentación presentada a lo largo de esta investigación que constate y verifique los cálculos presentados de la generación de energía con la implementación de una turbina eléctrica.
- Se propone para investigaciones futuras tener en cuenta más variaciones en las condiciones y los medios para formar los resaltos hidráulicos, con el fin de obtener mayor energía aprovechable para elementos de bajo consumo.
- Se considera importante plantear más diseños de hélices que puedan beneficiar a una obtención más alta de voltaje y realizar una comparación entre las que se consideren óptimas.
- Para obtener resaltos más eficientes y de mayor generación se recomienda usar un canal de mayores dimensiones en los que se puedan manejar caudales y compuertas más altos que logren generar mayor energía.
- Verificar la inclinación de la turbina en diferentes condiciones a las anteriormente descritas para la formación de resaltos hidráulicos y determinar con mayor precisión las variaciones que esté puede tener y los factores que intervienen e inciden con la pendiente de la turbina.

17. BIBLIOGRAFIA

Inga Sigcha, M.A. & Narváez Correa, V.P. Estudio experimental de la disipación de energía del azud del proyecto hidrosanbartolo. Trabajo de grado Universidad de la Cuenca (Argentina).

Villamarin Paredes, SC. (2013) Manual básico de diseño de estructuras de disipación de energía hidráulica

Rashwan, IMH (2013). *Solución analítica a problemas de salto hidráulico en canales horizontales triangulares. Ain Shams Engineering Journal*, 4 (3), 365–368.

Mohamed F. Sauda (2016). Prediction of hydraulic jump length downstream of multi-vent regulators using Artificial Neural Networks. *Ain Shams Engineering Journal*. Vol. 7, pp, 819-826.

Qun Zhao, Shubhra K. Misra, Ib A. Svendsen & James T. Kirby (2004). Numerical study of a turbulent hydraulic jump. ASCE Engineering Mechanics Conference. RIPPLE

CARLO GUALTIERI, HUBERT CHANSON (2010). Effect of Froude number on bubble clustering in a hydraulic jump. *Journal of Hydraulic Research* Vol. 48, No. 4 (2010), pp. 504 –508

Thulfikar Razzak Al-Husseini, Ali Hadi Ghawi & Ahmed Hassoon Ali. Performance of hydraulic jump rapid mixing for enhancement of turbidity removal from synthetic wastewater: A comparative study. *Journal of Water Process Engineering*.

SUSAN WERNER KIEFFER (1985). The 1983 hydraulic jump in Crystal Rapid: Implications for river-running and geomorphic evolution in The Grand Canyon. U.S. Geological Survey, Flagstaff, Arizona.

Joshua R. Wyrick & Gregory B. Pasternack (2008). Modeling energy dissipation and hydraulic jump regime responses to channel

nonuniformity at river steps. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 113.

Abdelazim M. Ali & Yasser A. Mohamed (2010). Effect of stilling basin shape on the hydraulic characteristics of the flow downstream radial gates. Alexandria Engineering Journal. Vol. 49, 393- 400

Alikhani, R. Behrozi-Rad & M. Fathi-Moghadam (2010). Hydraulic jump in stilling basin with vertical end sill. International Journal of Physical Sciences. Vol. 5, 025-029.

Samir kateba, Mahmoud Debabeche & Ferhat Riguet. Hydraulic jump in a sloped trapezoidal channel. Energy Procedia. Vol. 74, 251 – 257

Bellal M., Spinewine B., Savary C. & Zech Y. Morphological evolution of steep-sloped river beds in the presence of a hydraulic jump: Experimental study. Civil and Environmental Eng Dept, Université catholique de Louvain.

Khan, M. J., Iqbal, M. T., & Quaicoe, J. E. (2008). River current energy conversion systems: Progress, prospects and challenges.

Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12(8), 2177–2193

Yoo, J.-H. (2009). Maximización de la generación de energía hidroeléctrica mediante la aplicación de un modelo de programación lineal. Journal of Hydrology, 376 (1-2), 182–187

Nuernbergk, DM, y Rorres, C. (2013). Modelo analítico para el flujo de agua de un tornillo de Arquímedes utilizado en la generación de energía hidroeléctrica. Diario de ingeniería hidráulica, 139 (2), 213- 220

Díaz Camargo, M. L. & Lizcano Araujo, M. C. (2009). Estudio comparativo del resalto hidráulico en canales de sección trapezoidal y rectangular. Repositorio Universidad de La Salle.

Manrique Andrade, V. A. (2013). Comportamiento del resalto hidráulico en canales con pendiente y sección rectangular. Repositorio Universidad Nacional de Colombia.

Chow Ven Te (1959). Open channel hydraulics. McGraw-Hill book company.

Sotelo Ávila, G. (2002). Hidráulica de canales. Universidad Autónoma

de México.

Córdoba Romero, H.A. (2012). Protocolo de operación hidráulica en compuertas de alcantarillado. Repositorio Pontificia Universidad Javeriana.

Mataix, C. (1993). Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas. Ediciones del Castillo S.A.

Polo Encinas, M. (1976). Turbomaquinas Hidraulicas. Editorial Limusa.

ANEXOS

ANEXO A

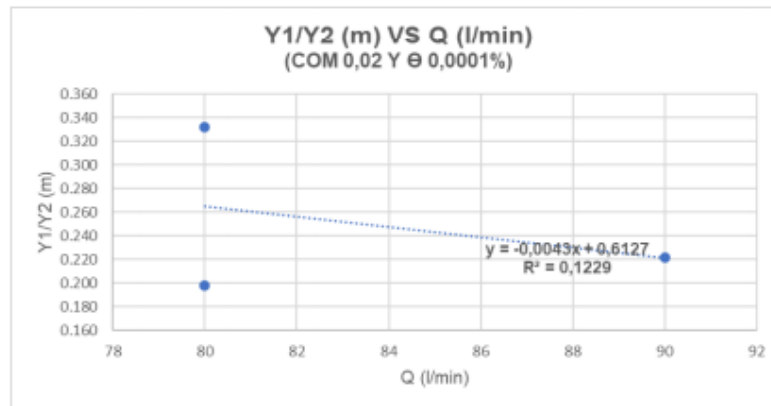
A1.

 IMPLEMENTACION DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CANALES RECTANGULARES DATOS DEL LABORATORIO EXPERIMENTALES TURBINA																						
N DATO	IN. CANAL (θ)	IN. CANAL (RAD)	Q (l/min)	Q (m³/s)	COMPUERTA	VRT	INICIO DEL RESALTO				FIN DEL RESALTO				TIPOS RESALTO	EFICIENCIA DEL RESALTO				RANGO		
							Y1 (m)	V1 (m/s)	Fr 1	E 1 (m)	Y2 (m)	V2 (m/s)	Fr 2	E 2 (m)		Y1/Y2	Y t (m)	Yc (m)	Ef 1	Ef 2	Ef 2/Ef 1	IINF
2	0,001%	1,74533E-07	130	0,00216667	0,03	2	0,0214	1,3499	2,9463	0,1421	0,0787	0,3671	0,4178	0,0876	RESALTO OSCILANTE	0,272	0,026	0,044	438,82313	0,8627	0,00197	2,353
5	0,001%	1,74533E-07	130	0,00216667	0,03	1Y2	0,0185	1,5616	3,6655	0,1801	0,0863	0,3347	0,3638	0,0937	RESALTO OSCILANTE	0,2144	0,0214	0,044	888,53654	0,6117	0,00069	1,8573
9	0,001%	1,74533E-07	120	0,002	0,03	2	0,0198	1,3468	3,0559	0,1400	0,0754	0,3537	0,4112	0,0837	RESALTO OSCILANTE	0,2626	0,025	0,0417	494,0632	0,8286	0,00168	1,6203
12	0,001%	1,74533E-07	110	0,00183333	0,03	2	0,0166	1,4726	3,6491	0,1603	0,0712	0,3433	0,4108	0,0790	RESALTO OSCILANTE	0,2331	0,0275	0,0393	875,78619	0,8264	0,00094	1,2618
16	0,001%	1,74533E-07	100	0,00166667	0,03	1	0,0195	1,1396	2,6056	0,1055	0,0561	0,3961	0,5340	0,0665	RESALTO OSCILANTE	0,3476	0,0235	0,0369	293,89415	1,6745	0,0057	1,2712
31	0,001%	1,74533E-07	90	0,0015	0,02	2	0,0145	1,3793	3,6572	0,1406	0,0655	0,3053	0,3809	0,0717	RESALTO OSCILANTE	0,2214	0,0143	0,0344	882,02362	0,6842	0,00078	1,1447
41	0,001%	1,74533E-07	80	0,00133333	0,02	1	0,0157	1,1323	2,8853	0,1007	0,0473	0,3759	0,5518	0,0567	RESALTO OSCILANTE	0,3319	0,0208	0,0318	409,9719	1,8395	0,00449	1,3625
43	0,001%	1,74533E-07	80	0,00133333	0,02	2	0,0125	1,4222	4,0614	0,1465	0,0632	0,2813	0,3572	0,0684	RESALTO OSCILANTE	0,1978	0,017	0,0318	1233,8476	0,5854	0,00047	1,0715
114	1%	0,000174533	130	0,00216667	0,03	3	0,0225	1,2840	2,7329	0,1317	0,0913	0,3164	0,3343	0,0979	RESALTO OSCILANTE	0,2464	0,025	0,044	343,50345	0,5004	0,00146	2,331
118	1%	0,000174533	120	0,002	0,03	3	0,0203	1,3136	2,9437	0,1346	0,0836	0,3190	0,3522	0,0903	RESALTO OSCILANTE	0,2428	0,0204	0,0417	437,55896	0,566	0,00129	2,3504
124	1%	0,000174533	110	0,00183333	0,03	3	0,0175	1,3968	3,3712	0,1468	0,0757	0,3229	0,3747	0,0826	RESALTO OSCILANTE	0,2312	0,023	0,0393	678,76426	0,6572	0,00097	1,6651
126	1%	0,000174533	110	0,00183333	0,03	1Y3	0,016	1,5278	3,8563	0,1707	0,0806	0,3033	0,3411	0,0867	RESALTO OSCILANTE	0,1985	0,027	0,0393	1045,4135	0,5244	0,0005	1,2882
128	1%	0,000174533	100	0,00166667	0,03	2	0,0251	0,8853	1,7842	0,0770	0,0679	0,3273	0,4010	0,0750	RESALTO DEBIL	0,3697	0,024	0,0369	83,927719	0,7775	0,00926	1,3977
129	1%	0,000174533	100	0,00166667	0,03	1Y2	0,0228	0,9747	2,0609	0,0857	0,0716	0,3104	0,3703	0,0780	RESALTO DEBIL	0,3184	0,0212	0,0369	135,66194	0,6386	0,00471	1,4419
130	1%	0,000174533	100	0,00166667	0,03	3	0,0204	1,0893	2,4350	0,0990	0,0772	0,2879	0,3308	0,0827	RESALTO DEBIL	0,2642	0,0208	0,0369	235,38154	0,488	0,00207	1,5432
145	1%	0,000174533	90	0,0015	0,02	3	0,0153	1,3072	3,3741	0,1285	0,0748	0,2674	0,3121	0,0795	RESALTO OSCILANTE	0,2045	0,0019	0,0344	680,63045	0,427	0,00063	1,3016
146	1%	0,000174533	90	0,0015	0,02	1Y3	0,0134	1,4925	4,1166	0,1610	0,0723	0,2766	0,3285	0,0774	RESALTO OSCILANTE	0,1853	0,0225	0,0344	1288,1483	0,4802	0,00037	1,3202
159	1%	0,000174533	80	0,00133333	0,02	3	0,014	1,2698	3,4265	0,1208	0,0712	0,2497	0,2988	0,0753	RESALTO OSCILANTE	0,1966	0,022	0,0318	715,29367	0,3866	0,00054	1,1774
160	1%	0,000174533	80	0,00133333	0,02	1Y3	0,012	1,4815	4,3179	0,1574	0,0719	0,2473	0,2944	0,0760	RESALTO OSCILANTE	0,1669	0,0245	0,0318	1499,8085	0,3741	0,00025	1,1038
206	2%	0,000349066	130	0,00216667	0,03	1Y2	0,0248	1,1649	2,3617	0,1147	0,0912	0,3168	0,3349	0,0978	RESALTO DEBIL	0,2719	0,026	0,044	212,84045	0,5024	0,00236	2,3742
207	2%	0,000349066	130	0,00216667	0,03	3	0,0245	1,1791	2,4052	0,1166	0,0952	0,3035	0,3140	0,1013	RESALTO DEBIL	0,2574	0,027	0,044	226,0199	0,4328	0,00192	2,2663
208	2%	0,000349066	130	0,00216667	0,03	2Y3	0,0226	1,2783	2,7148	0,1309	0,0998	0,2895	0,2926	0,1054	RESALTO OSCILANTE	0,2265	0,0273	0,044	336,1233	0,3688	0,0011	2,0164
209	2%	0,000349066	130	0,00216667	0,03	1Y3	0,0237	1,2189	2,5280	0,1221	0,0954	0,3028	0,3130	0,1015	RESALTO OSCILANTE	0,2484	0,0278	0,044	266,18134	0,4297	0,00161	2,0829
210	2%	0,000349066	130	0,00216667	0,03	1,2Y3	0,0208	1,3889	3,0747	0,1486	0,1021	0,2829	0,2827	0,1074	RESALTO OSCILANTE	0,2037	0,029	0,044	503,99185	0,3418	0,00068	1,92
214	2%	0,000349066	120	0,002	0,03	3	0,0243	1,0974	2,2476	0,1041	0,0912	0,2924	0,3091	0,0969	RESALTO DEBIL	0,2664	0,027	0,0417	180,79092	0,4176	0,00231	1,7202
215	2%	0,000349066	120	0,002	0,03	1Y3	0,0281	0,9490	1,8075	0,0878	0,0924	0,2886	0,3031	0,0979	RESALTO DEBIL	0,3041	0,0272	0,0417	87,645254	0,3995	0,00456	1,7375
216	2%	0,000349066	120	0,002	0,03	2Y3	0,028	0,9524	1,8172	0,0881	0,0929	0,2870	0,3007	0,0984	RESALTO DEBIL	0,3014	0,0219	0,0417	89,224993	0,3922	0,0044	1,6987
217	2%	0,000349066	120	0,002	0,03	1,2Y3	0,0221	1,2066	2,5915	0,1186	0,0948	0,2813	0,2917	0,1000	RESALTO OSCILANTE	0,2331	0,024	0,0417	288,72163	0,3664	0,00127	1,7248
221	2%	0,000349066	110	0,00183333	0,03	3	0,024	1,0185	2,0991	0,0927	0,0832	0,2938	0,3252	0,0889	RESALTO DEBIL	0,2885	0,027	0,0393	144,18495	0,4692	0,00325	1,6131
222	2%	0,000349066	110	0,00183333	0,03	1Y3	0,0231	1,0582	2,2229	0,0973	0,0852	0,2869	0,3138	0,0907	RESALTO DEBIL	0,2711	0,027	0,0393	174,31312	0,4323	0,00248	1,4996
223	2%	0,000349066	110	0,00183333	0,03	2Y3	0,022	1,1111	2,3917	0,1038	0,0872	0,2803	0,3031	0,0924	RESALTO DEBIL	0,2523	0,038	0,0393	221,88818	0,3994	0,0018	1,5364

										IMPLEMENTACION DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CANALES RECTANGULARES																	
										DATOS DEL LABORATORIO EXPERIMENTALES TURBINA																	
										INICIO DEL RESALTO				FIN DEL RESALTO				EFICIENCIA DEL RESALTO								RANGO	
N DATO	IN. CANAL (°)	IN. CANAL (RAD)	Q (l/min)	Q (m³/s)	COMPUERTA	VRT	Y1 (m)	V1 (m/s)	Fr 1	E 1 (m)	Y2 (m)	V2 (m/s)	Fr 2	E 2 (m)	TIPOS RESALTO	Y1/Y2	Y t (m)	Yc (m)	Ef 1	Ef 2	Ef 2/Ef 1	INF	VOLTAJE PROM.	SUP			
229	2%	0.000349066	100	0.00166667	0.03	3	0.021	1.0582	2.3314	0.0952	0.0773	0.2875	0.3301	0.0828	RESALTO DEBIL	0.2717	0.0267	0.0369	203.99748	0.4858	0.00238	1.2937	1.332	1.3703			
230	2%	0.000349066	100	0.00166667	0.03	1V3	0.0214	1.0384	2.2664	0.0928	0.0898	0.2475	0.2637	0.0939	RESALTO DEBIL	0.2383	0.0264	0.0369	185.81758	0.2932	0.00158	1.1697	1.208	1.2463.			
231	2%	0.000349066	100	0.00166667	0.03	2V3	0.0214	1.0384	2.2664	0.0928	0.0838	0.2652	0.2925	0.0885	RESALTO DEBIL	0.2554	0.0279	0.0369	185.81758	0.3686	0.00198	1.2373	1.288	1.3387			
232	2%	0.000349066	100	0.00166667	0.03	1,2V3	0.0191	1.1653	2.6942	0.1090	0.0891	0.2494	0.2668	0.0932	RESALTO OSCILANTE	0.214	0.0261	0.0369	327.86665	0.3008	0.00092	1.2648	1.308	1.3512			
236	2%	0.000349066	100	0.00166667	0.02	3	0.0188	1.1820	2.7524	0.1114	0.0889	0.2500	0.2677	0.0930	RESALTO OSCILANTE	0.2115	0.0259	0.0369	351.58316	0.303	0.00086	1.7868	1.84	1.8934			
237	2%	0.000349066	100	0.00166667	0.02	1V3	0.0178	1.2484	2.9876	0.1211	0.0910	0.2442	0.2685	0.0950	RESALTO OSCILANTE	0.1956	0.0251	0.0369	459.12972	0.2808	0.00061	1.7408	1.77	1.7992			
238	2%	0.000349066	100	0.00166667	0.02	2V3	0.0176	1.2626	3.0387	0.1232	0.0935	0.2377	0.2482	0.0972	RESALTO OSCILANTE	0.1882	0.0263	0.0369	485.09588	0.2572	0.00053	1.7163	1.768	1.8197			
239	2%	0.000349066	100	0.00166667	0.02	1,2V3	0.0161	1.3803	3.4731	0.1423	0.0966	0.2300	0.2363	0.1001	RESALTO OSCILANTE	0.1667	0.0269	0.0369	477.08309	0.2317	0.00031	1.7144	1.756	1.7976			
244	2%	0.000349066	90	0.0015	0.03	3	0.0222	0.9009	1.9305	0.0760	0.0749	0.2670	0.3115	0.0796	RESALTO DEBIL	0.2964	0.0251	0.0344	109.16848	0.425	0.00389	0.7231	0.77	0.8169			
245	2%	0.000349066	90	0.0015	0.03	1V3	0.0231	0.8658	1.8188	0.0728	0.0788	0.2538	0.2887	0.0831	RESALTO DEBIL	0.2931	0.0254	0.0344	89.486365	0.358	0.004	0.8214	0.868	0.9146			
246	2%	0.000349066	90	0.0015	0.03	2V3	0.019	1.0526	2.4382	0.0924	0.0769	0.2601	0.2994	0.0814	RESALTO DEBIL	0.2471	0.026	0.0344	236.3765	0.3886	0.00164	0.6461	0.68	0.7139			
251	2%	0.000349066	90	0.0015	0.02	3	0.0168	1.1905	2.9325	0.1107	0.0851	0.2350	0.2572	0.0888	RESALTO OSCILANTE	0.1974	0.0251	0.0344	432.16063	0.2779	0.00064	1.1947	1.24	1.2853			
252	2%	0.000349066	90	0.0015	0.02	1V3	0.0167	1.1976	2.9588	0.1117	0.0867	0.2307	0.2501	0.0902	RESALTO OSCILANTE	0.1926	0.028	0.0344	444.92358	0.2616	0.00059	1.3589	1.396	1.4331			
253	2%	0.000349066	90	0.0015	0.02	2V3	0.0161	1.2422	3.1258	0.1183	0.0917	0.2181															

ANEXO B. Graficas Y1/Y2 vs Q (VARIACION DE COMPUERTAS)

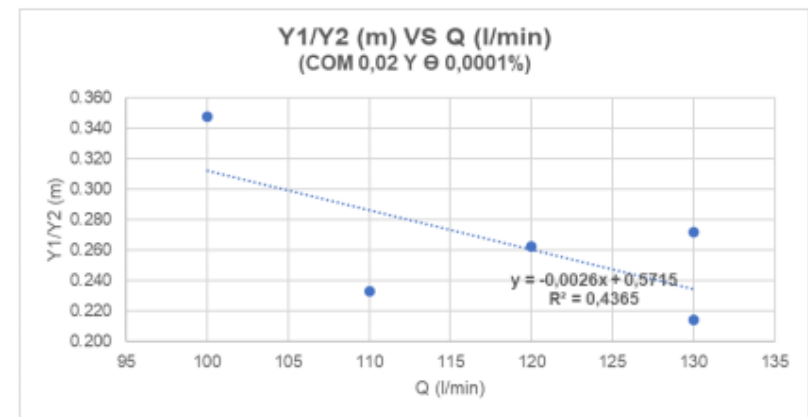
Grafica 1.



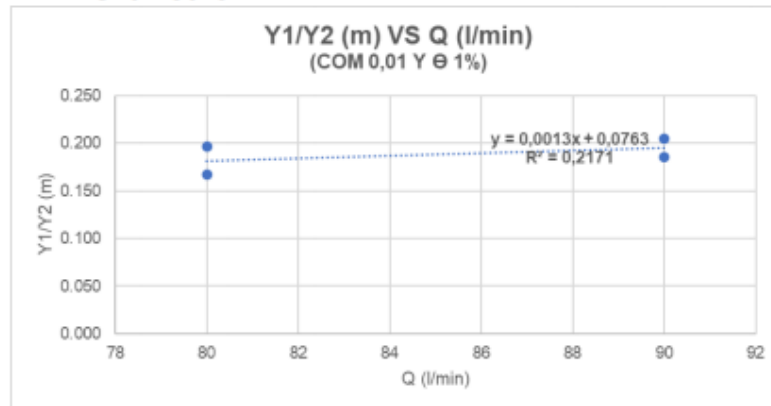
Fuente: Autor

Fuente: Autor

Grafica 2.

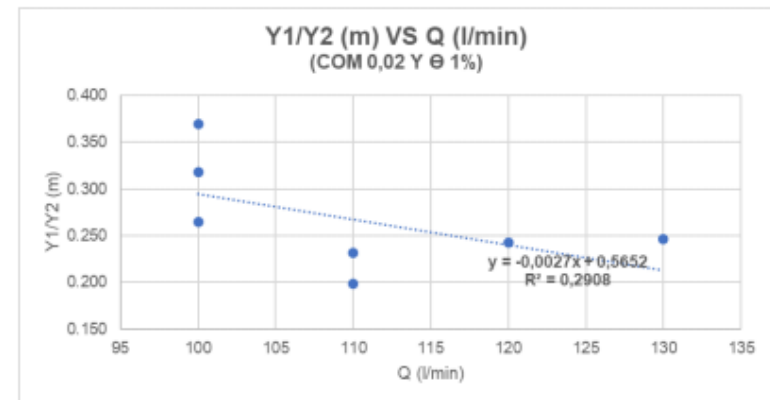


Grafica 3.



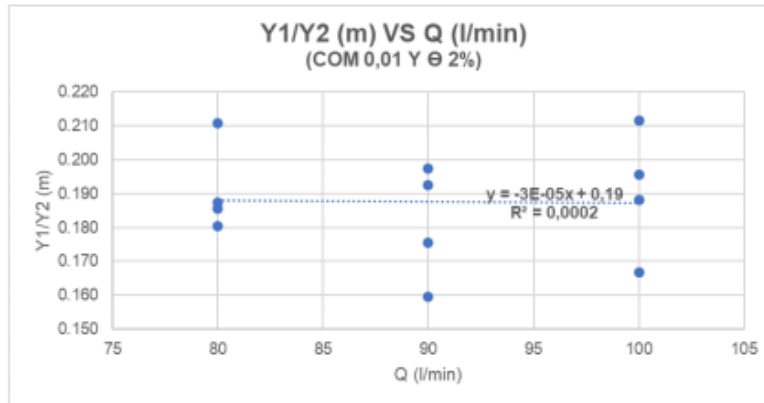
Fuente: Autor

Grafica 4.



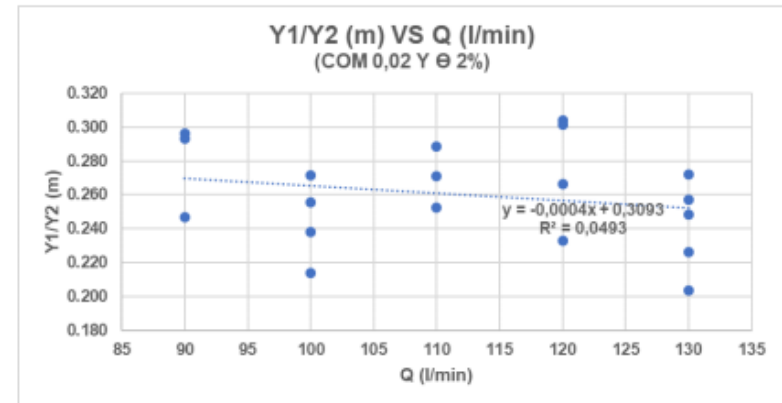
Fuente: Autor

Grafica 5.



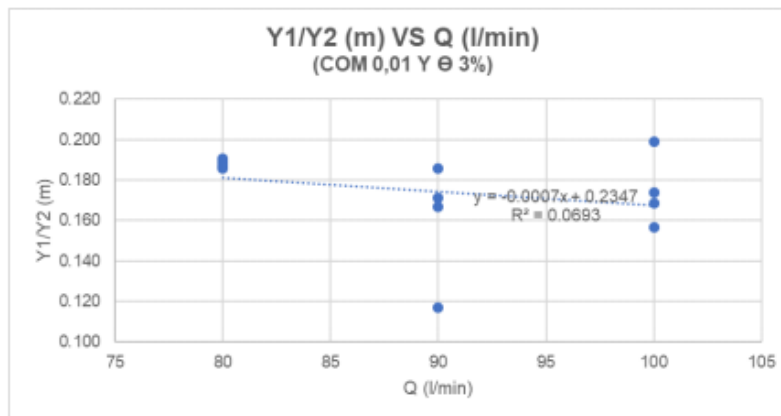
Fuente: Autor

Grafica 6.



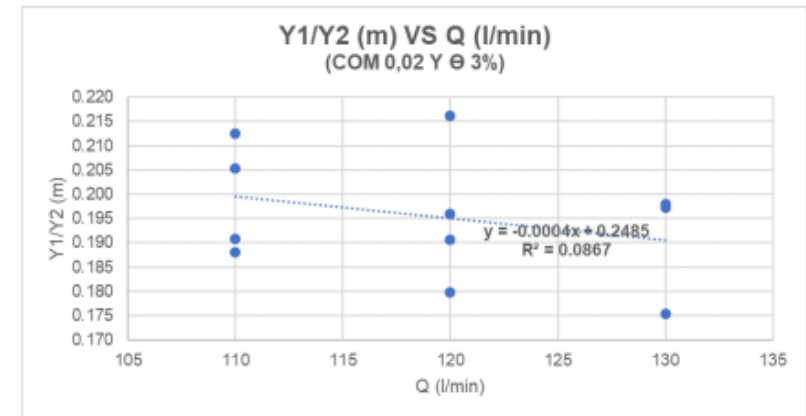
Fuente: Autor

Grafica 7.



Fuente: Autor

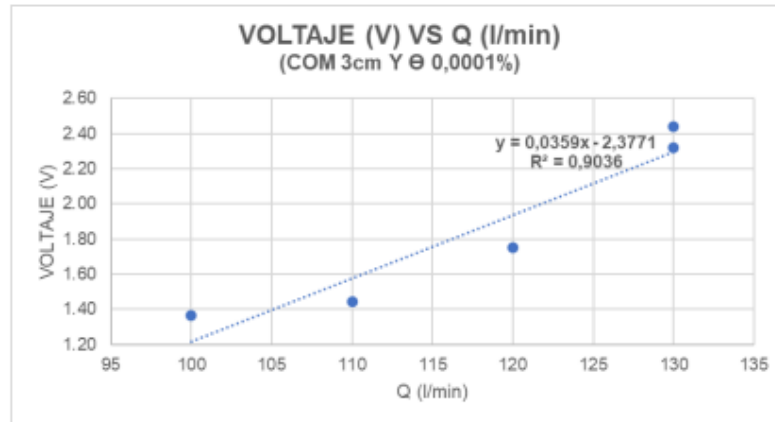
Grafica 8.



Fuente: Autor

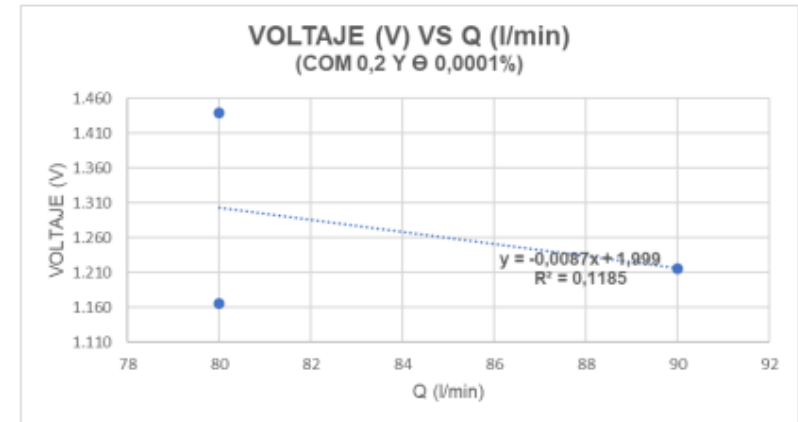
ANEXO C. Graficas Voltaje vs Q (VARIACION DE COMPUERTAS)

Grafica 9.



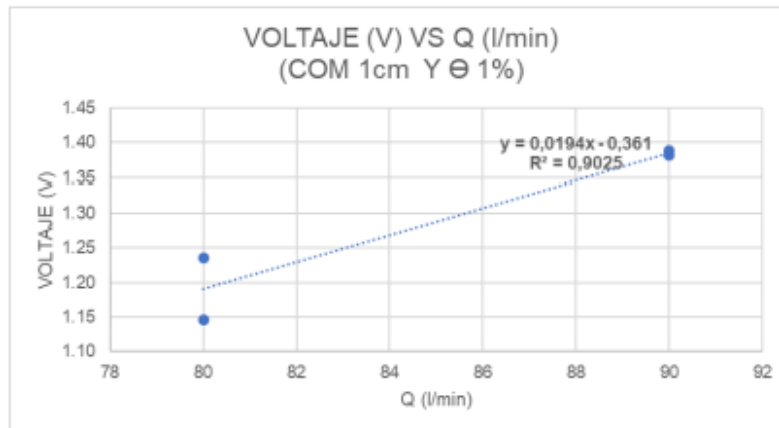
Fuente: Autor

Grafica 10.



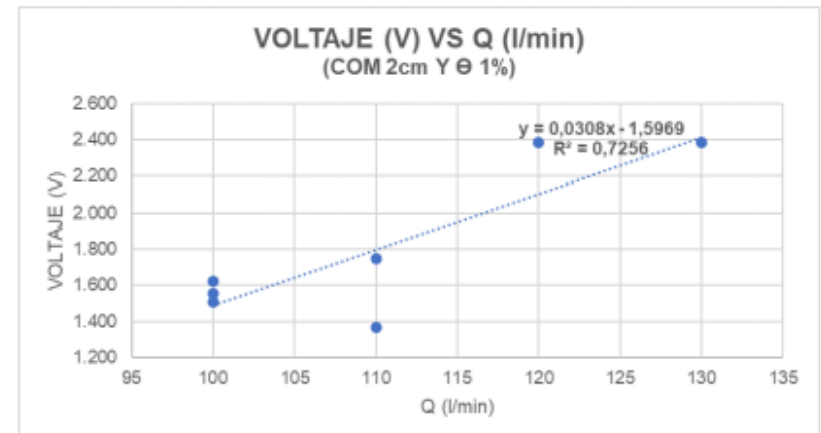
Fuente: Autor

Grafica 11.



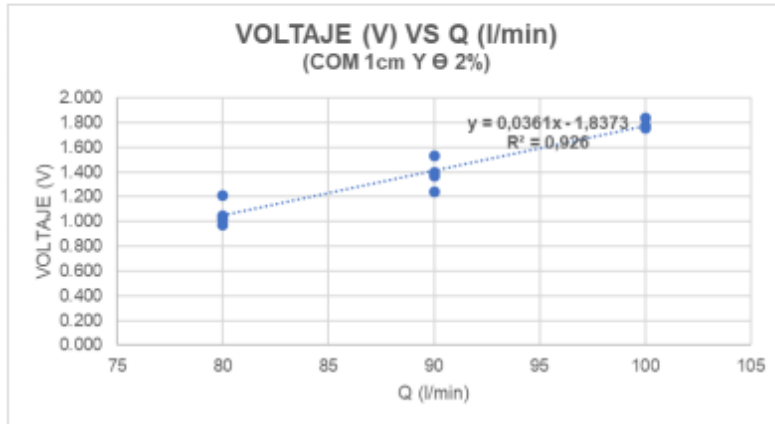
Fuente: Autor

Grafica 12.



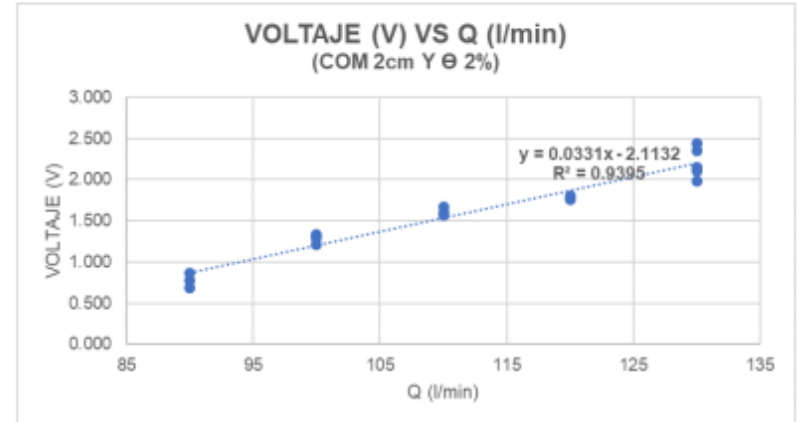
Fuente: Autor

Grafica 13.



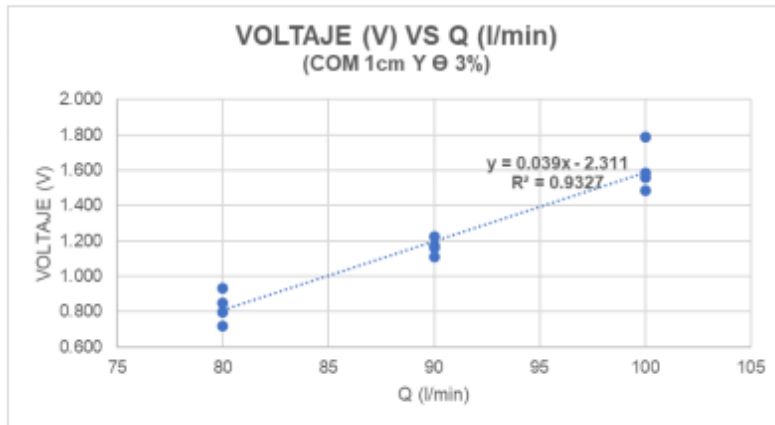
Fuente: Autor

Grafica 14.



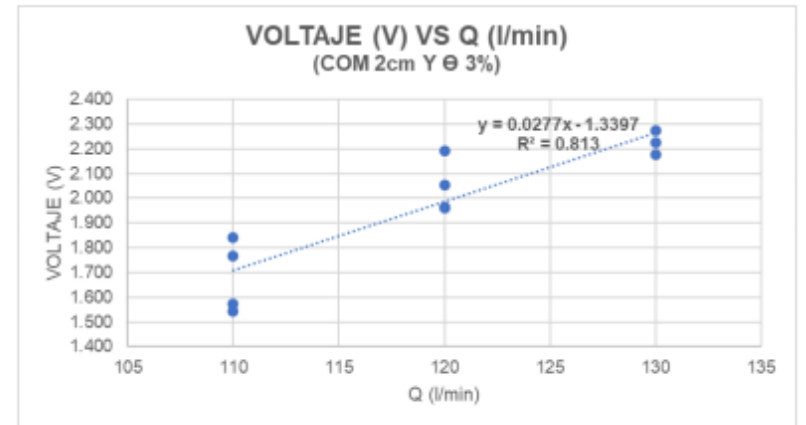
Fuente: Autor

Grafica 15.



Fuente: Autor

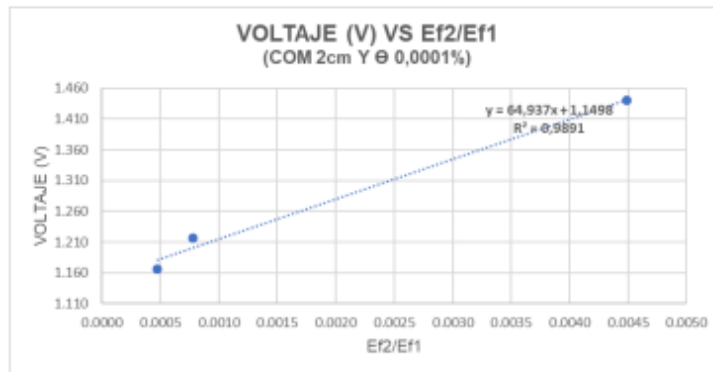
Grafica 16.



Fuente: Autor

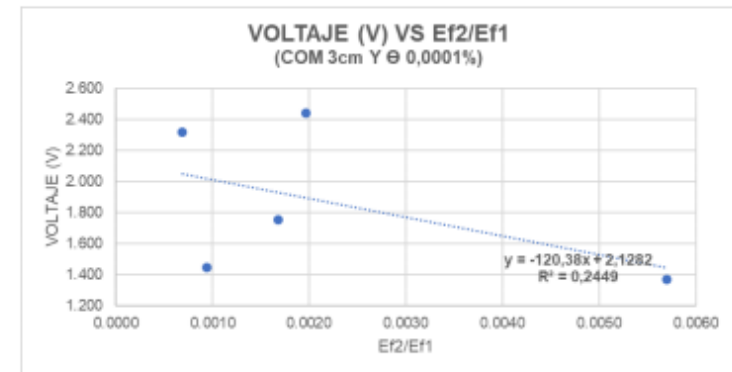
ANEXO D. Graficas Voltaje vs Ef2/Ef1 (VARIACION DE COMPUERTAS)

Grafica 17.



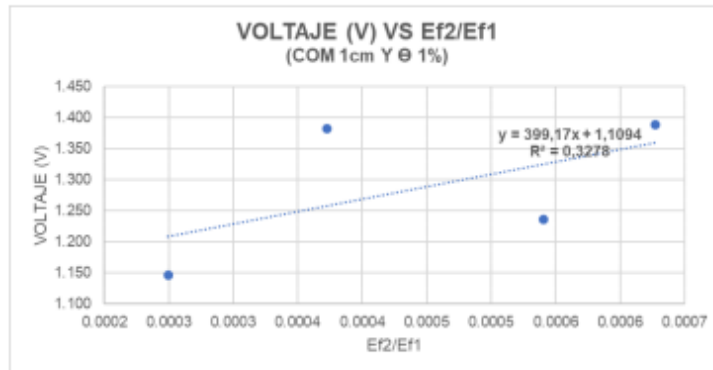
Fuente: Autor

Grafica 18.



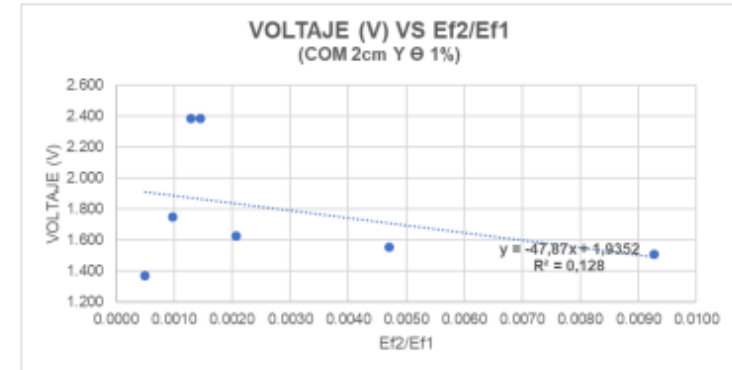
Fuente: Autor

Grafica 19.



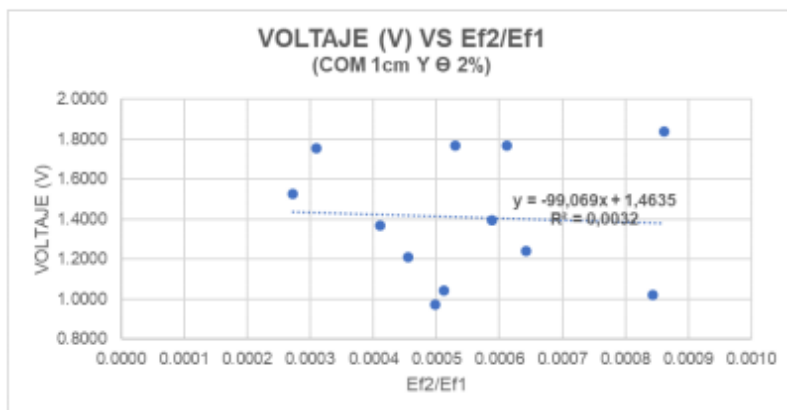
Fuente: Autor

Grafica 20.



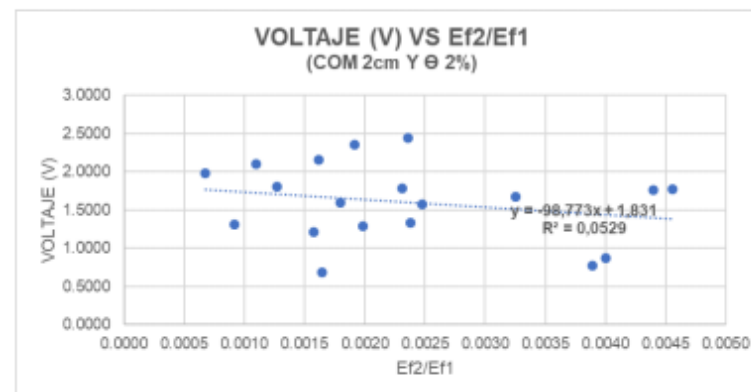
Fuente: Autor

Grafica 21.



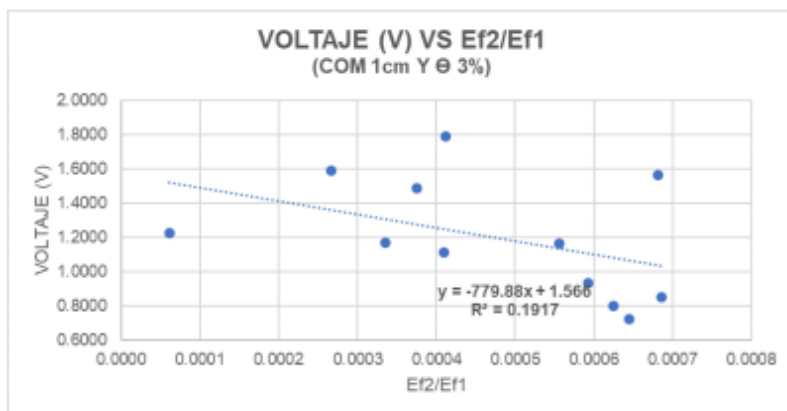
Fuente: Autor

Grafica 22.



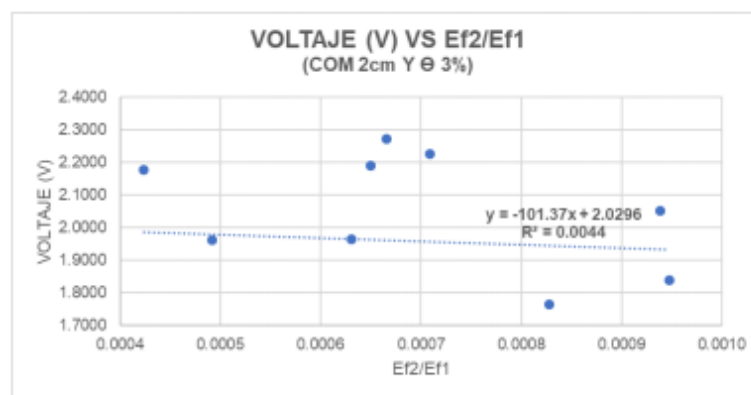
Fuente: Autor

Grafica 23.



Fuente: Autor

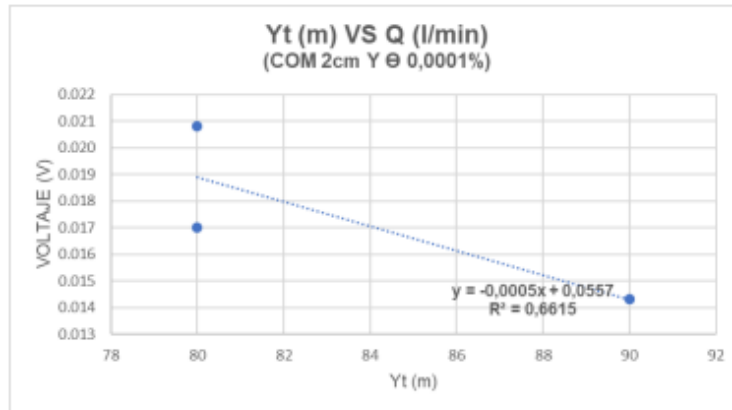
Grafica 24.



Fuente: Autor

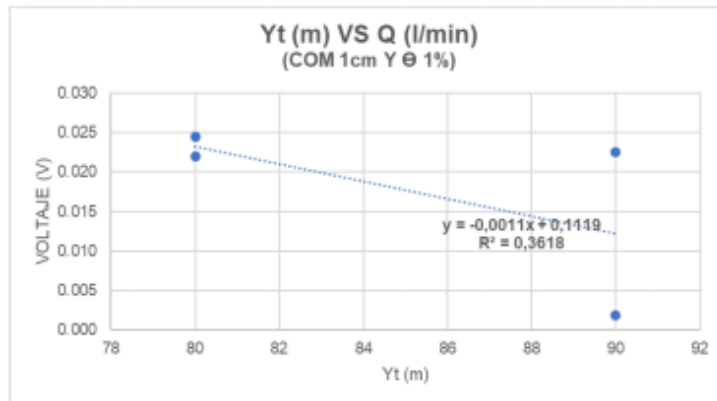
ANEXO E. Graficas Yt vs Q (VARIACION DE COMPUERTAS)

Grafica 25.



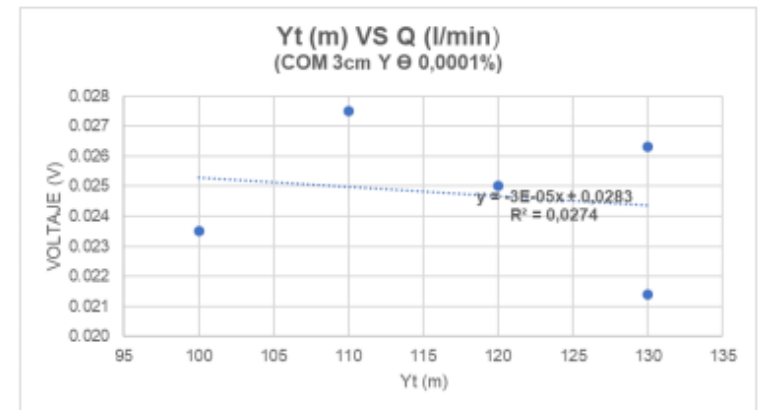
Fuente: Autor

Grafica 27.



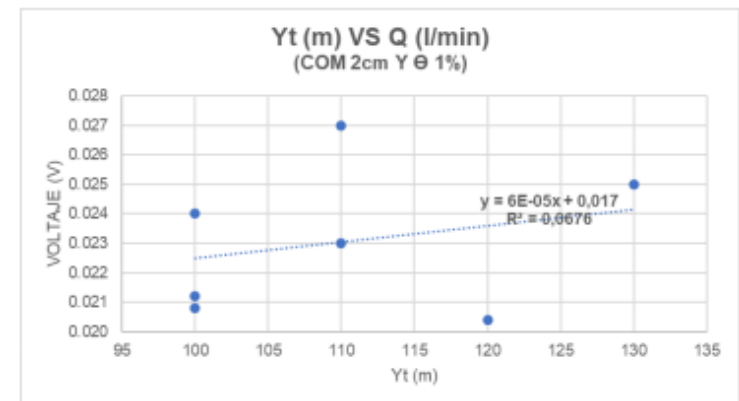
Fuente: Autor

Grafica 26.



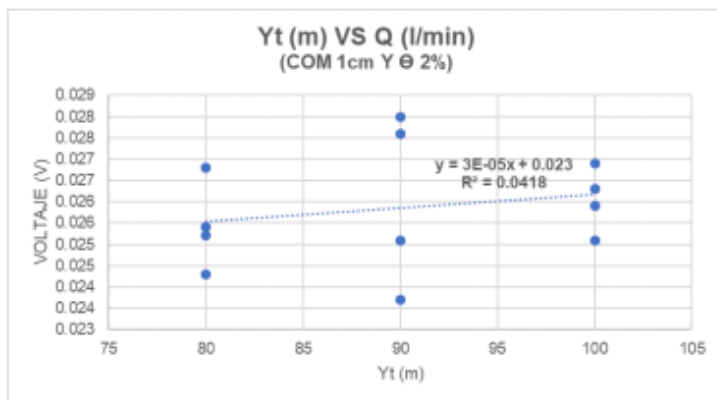
Fuente: Autor

Grafica 28.



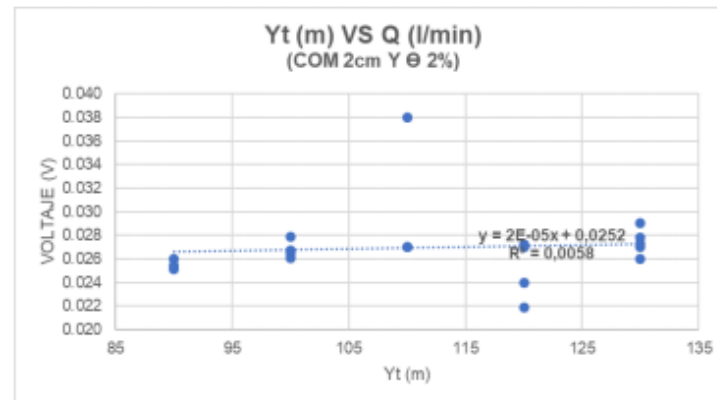
Fuente: Autor

Grafica 29.



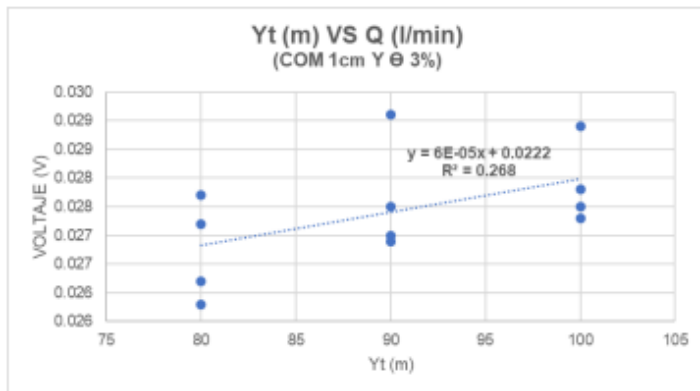
Fuente: Autor

Grafica 30.



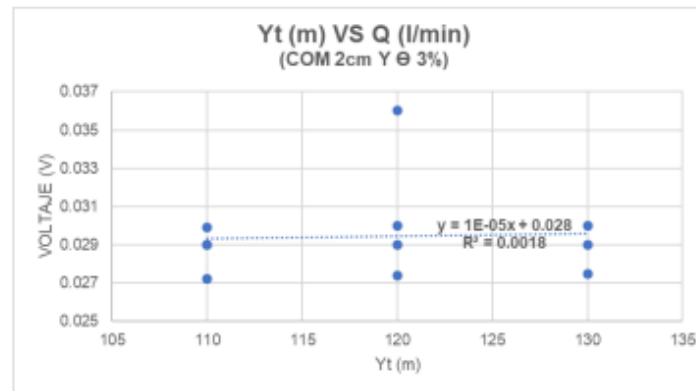
Fuente: Autor

Grafica 31.



Fuente: Autor

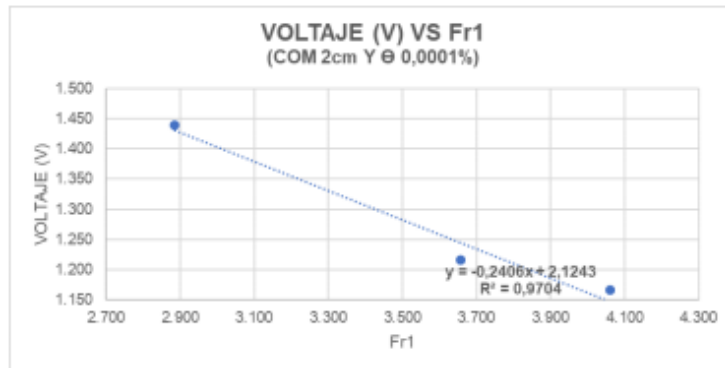
Grafica 32.



Fuente: Autor

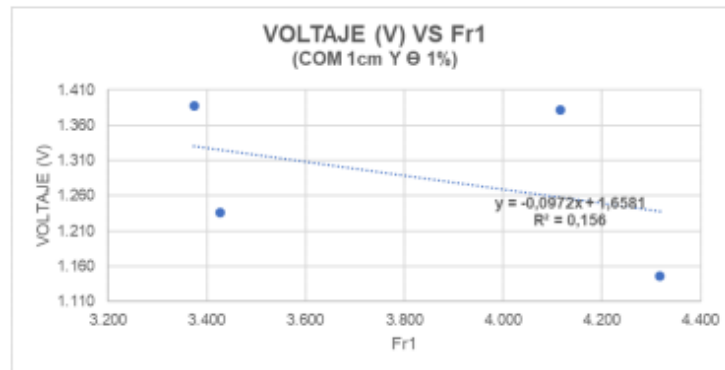
ANEXO F. Voltaje vs Fr1 (VARIACION DE COMPUERTAS)

Grafica 33.



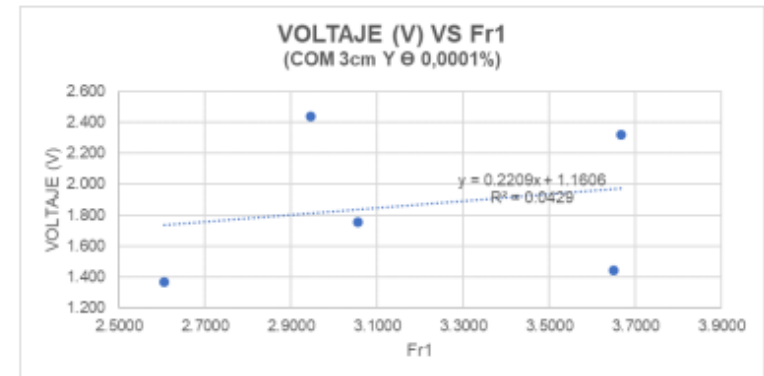
Fuente: Autor

Grafica 35.



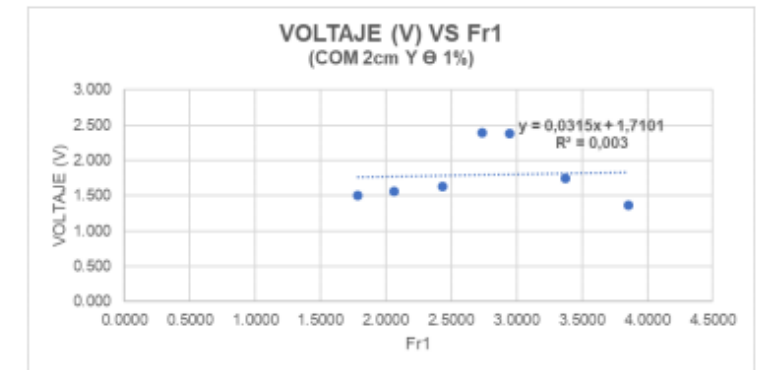
Fuente: Autor

Grafica 34.



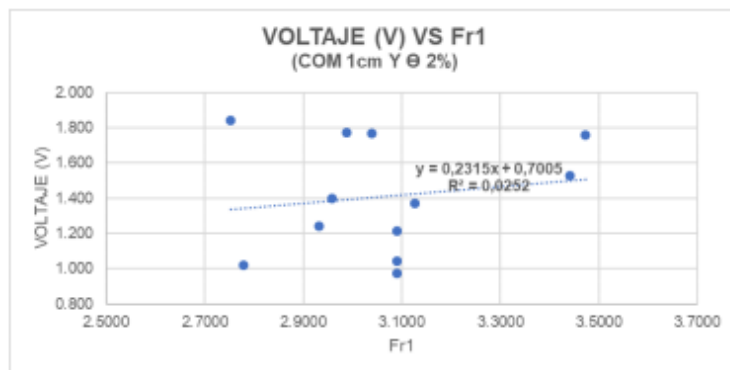
Fuente: Autor

Grafica 36.



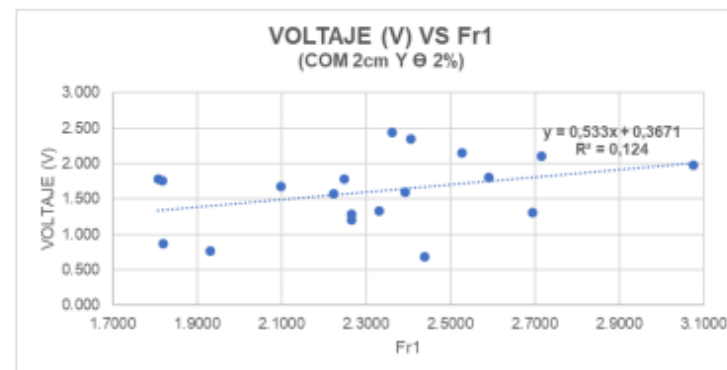
Fuente: Autor

Grafica 37.



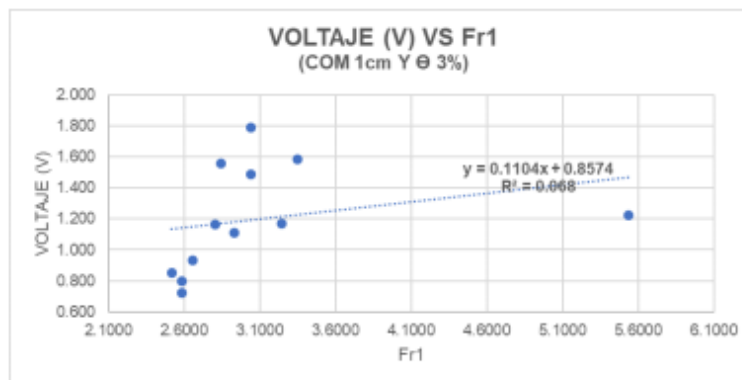
Fuente: Autor

Grafica 38.



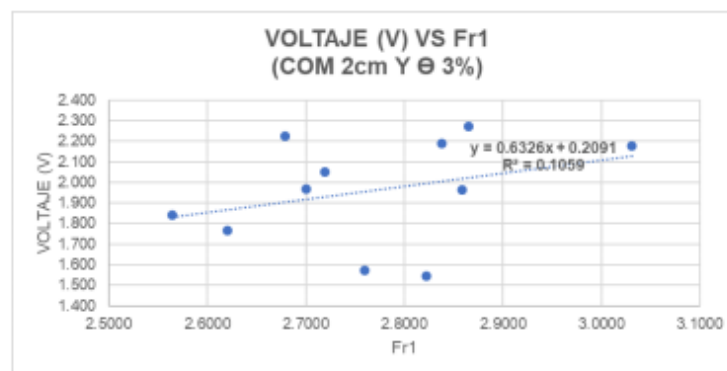
Fuente: Autor

Grafica 39.



Fuente: Autor

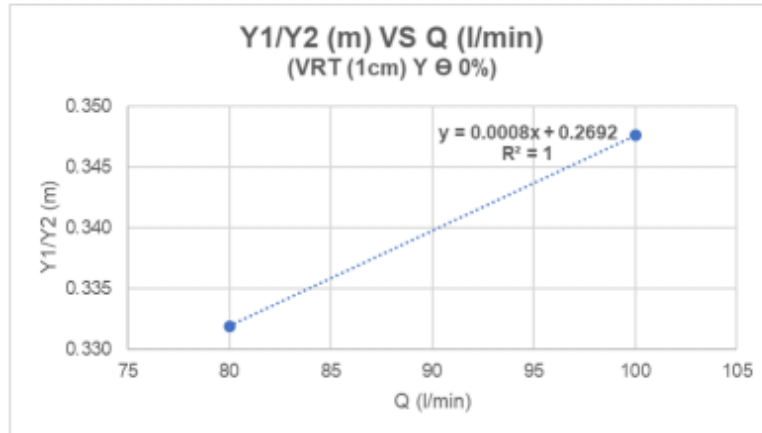
Grafica 40.



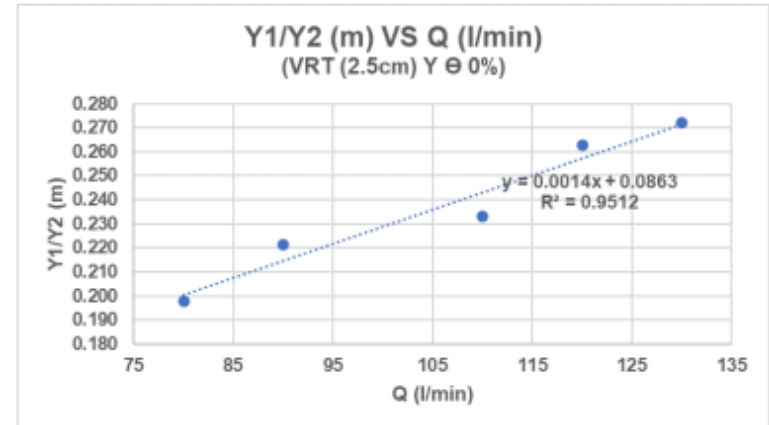
Fuente: Autor

ANEXO G. Y1/Y2 vs Q (VARIACION DEVERTEDEROS)

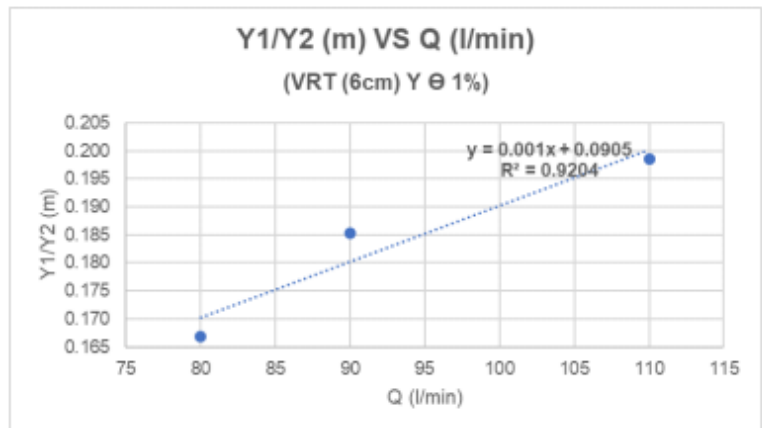
Grafica 41.



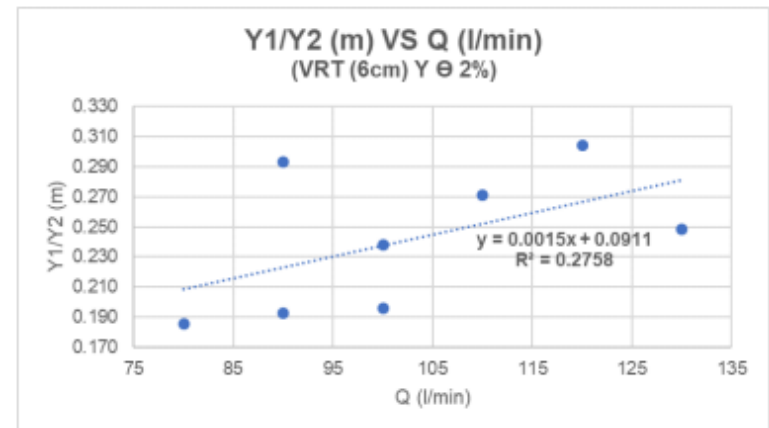
Grafica 42.



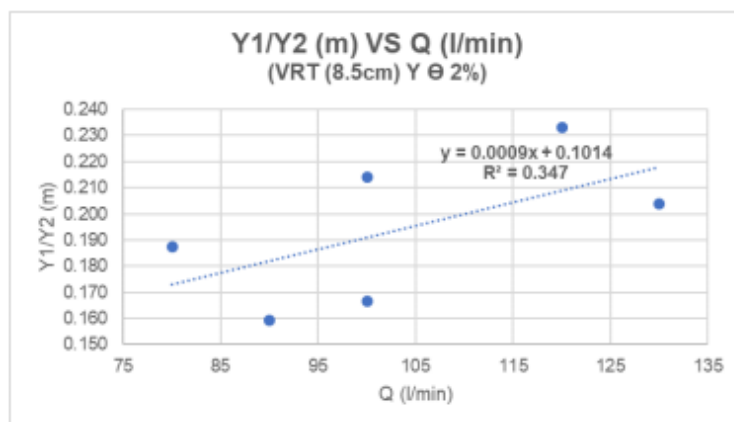
Grafica 43.



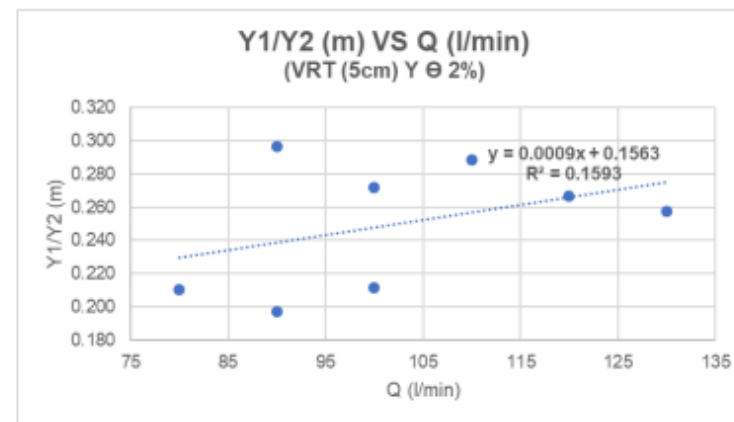
Grafica 44.



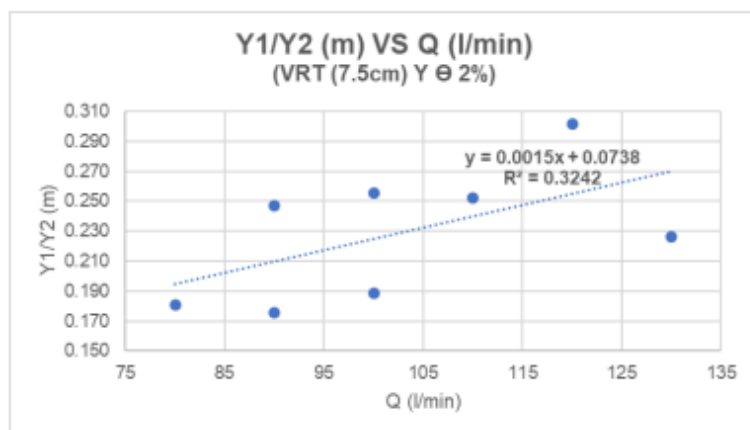
Grafica 45.



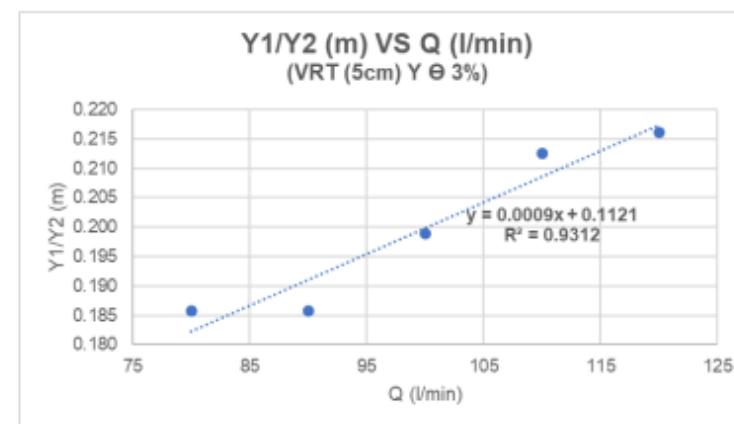
Grafica 46.



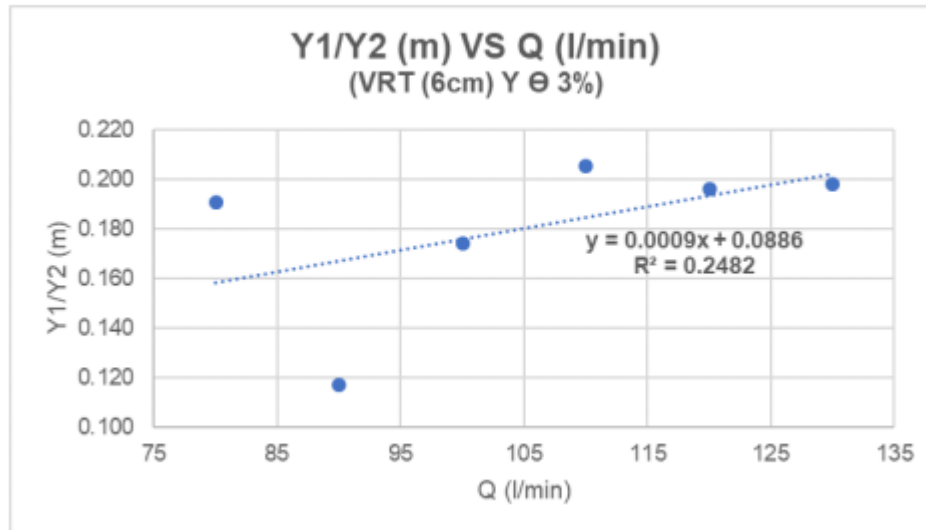
Grafica 47.



Grafica 48.

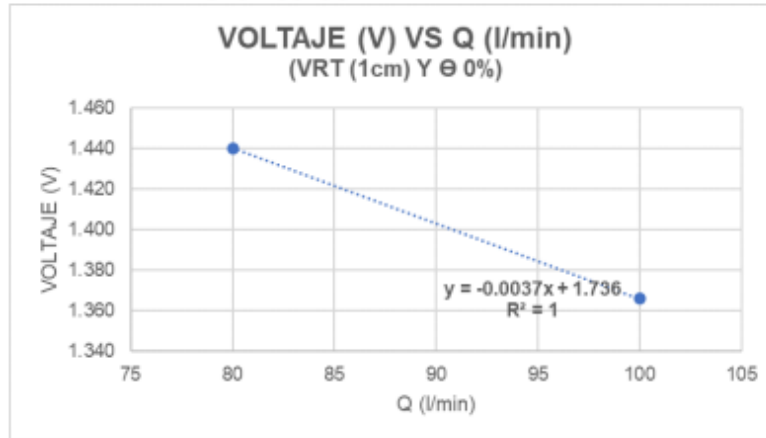


Grafica 49.

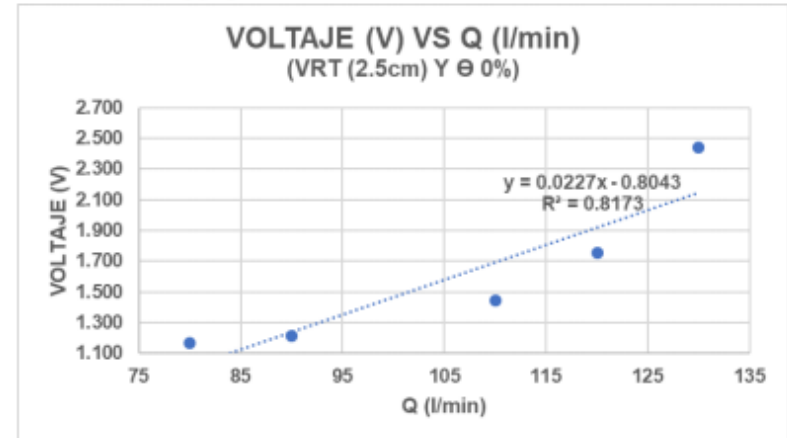


ANEXO H. Voltaje vs Q (VARIACION DEVERTEDEROS)

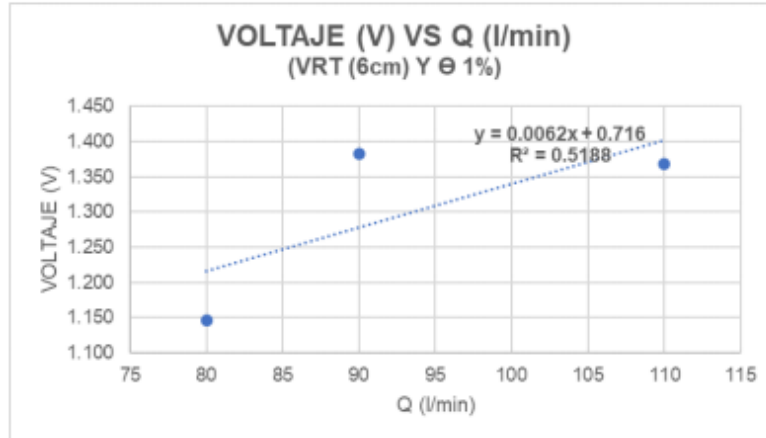
Grafica 50.



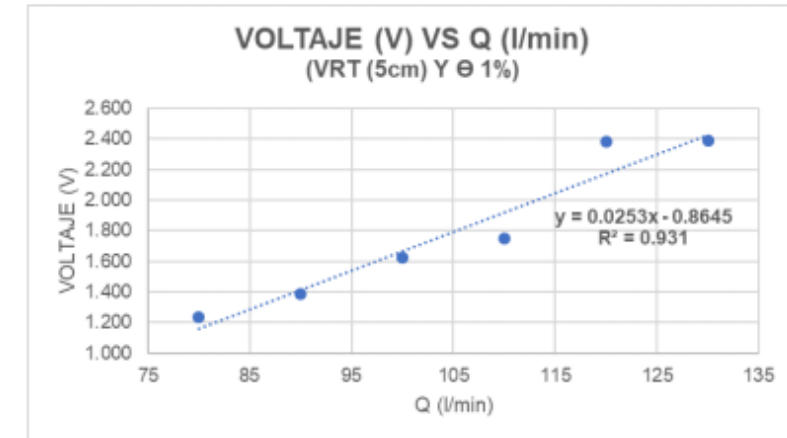
Grafica 51.



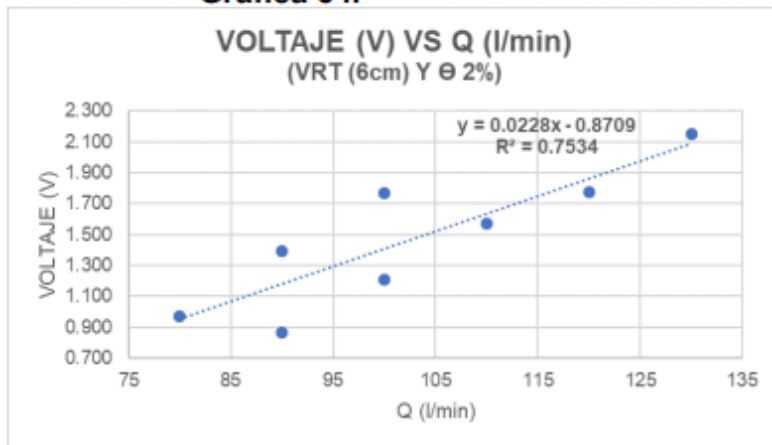
Grafica 52.



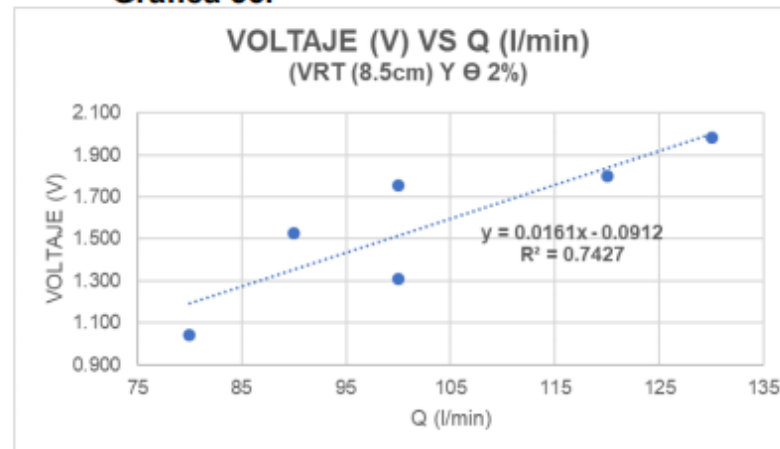
Grafica 53.



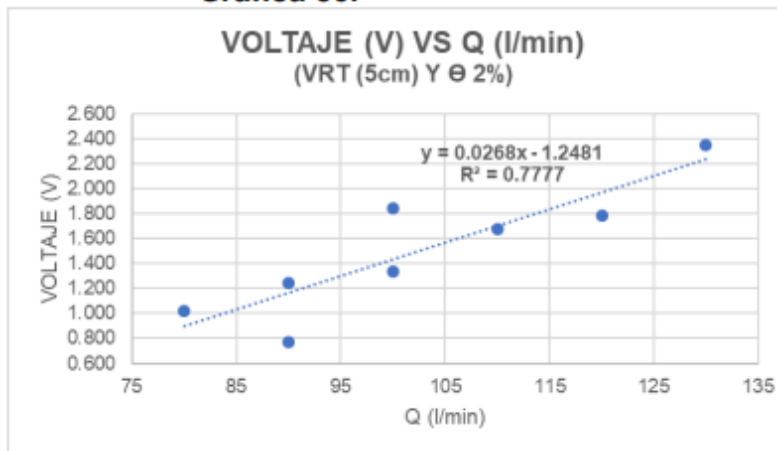
Grafica 54.



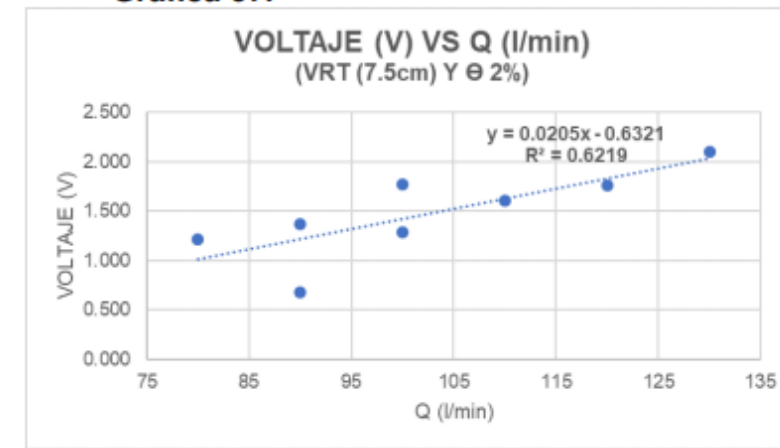
Grafica 55.



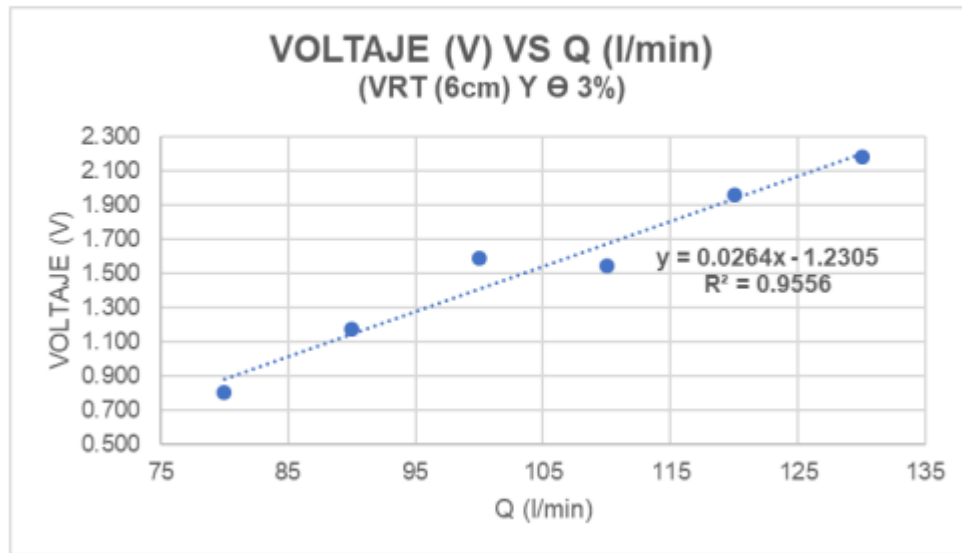
Grafica 56.



Grafica 57.

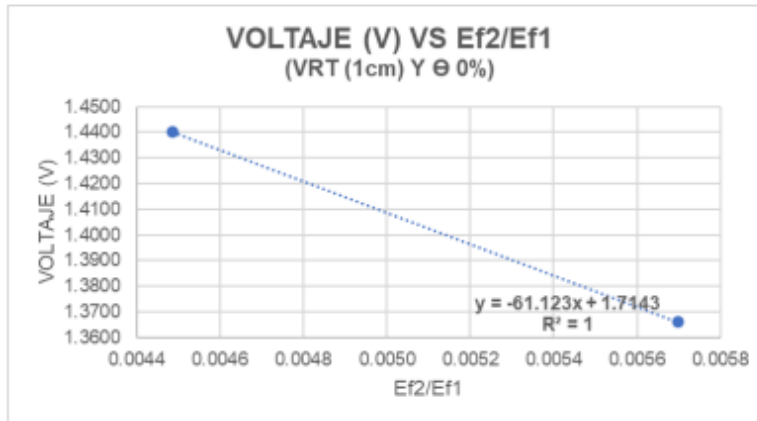


Grafica 58.

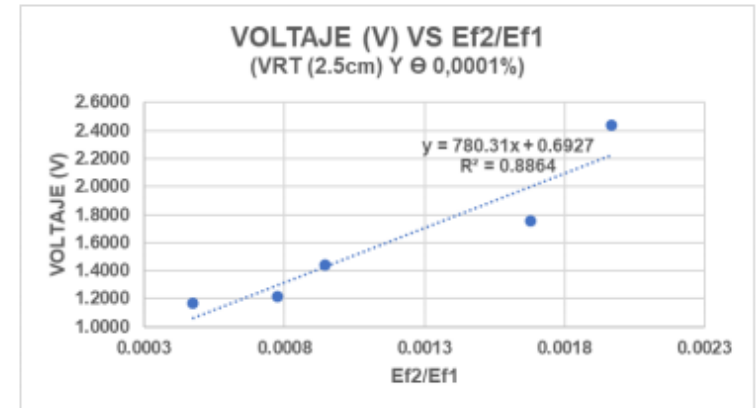


ANEXO I. Voltaje vs Ef2/Ef1 (VARIACION DEVERTEDEROS)

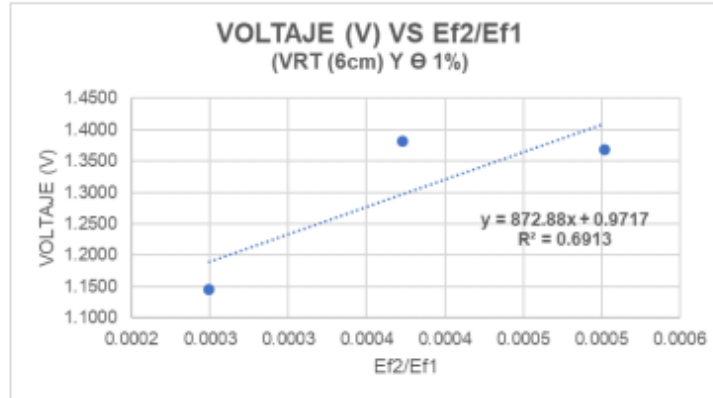
Grafica 59.



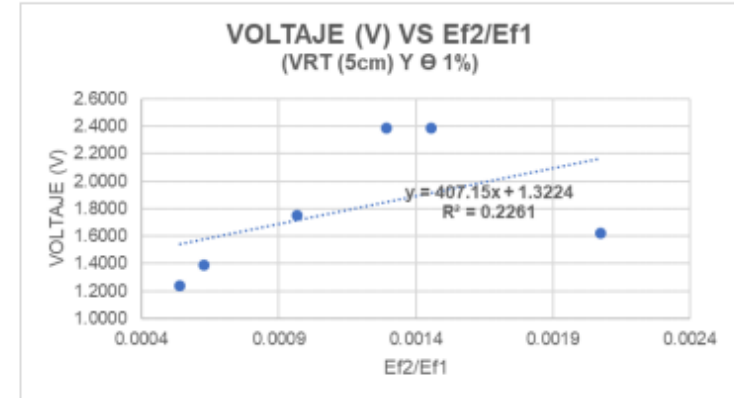
Grafica 60.



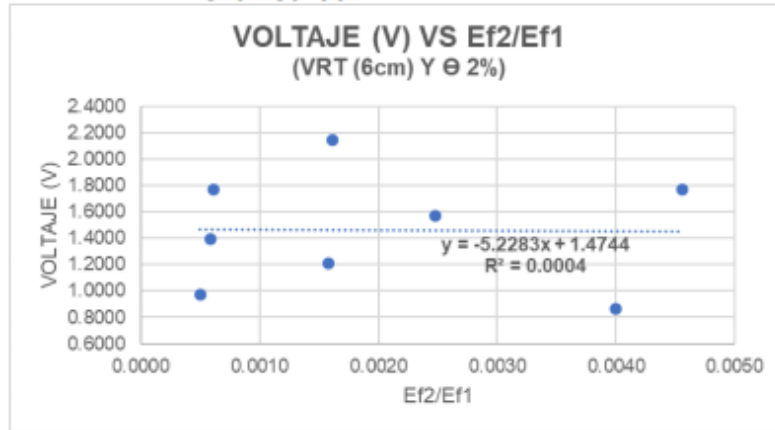
Grafica 61.



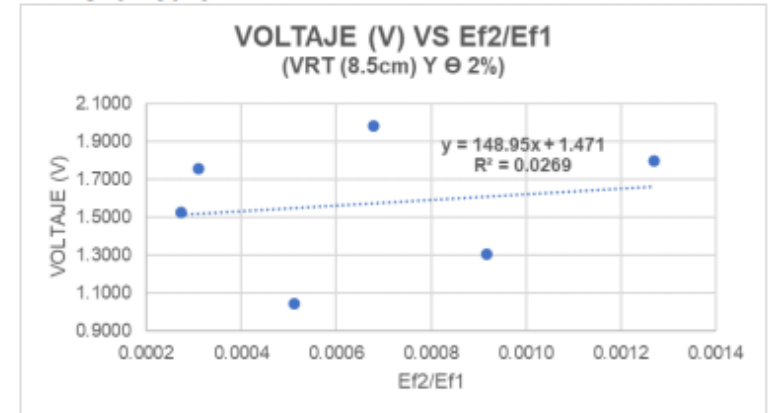
Grafica 62.



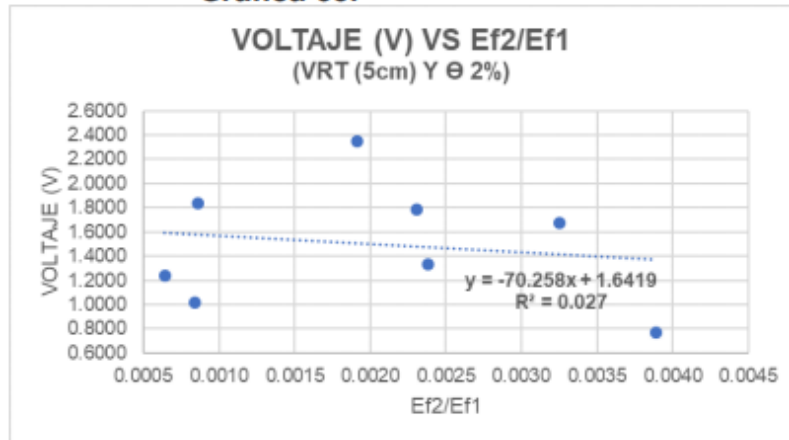
Grafica 63.



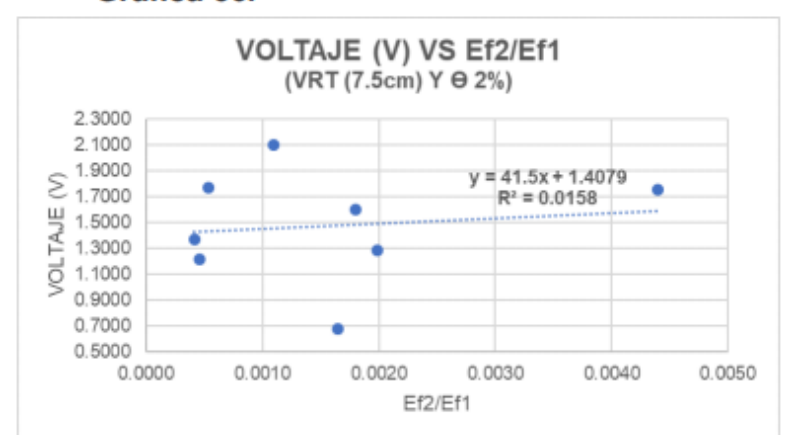
Grafica 64.



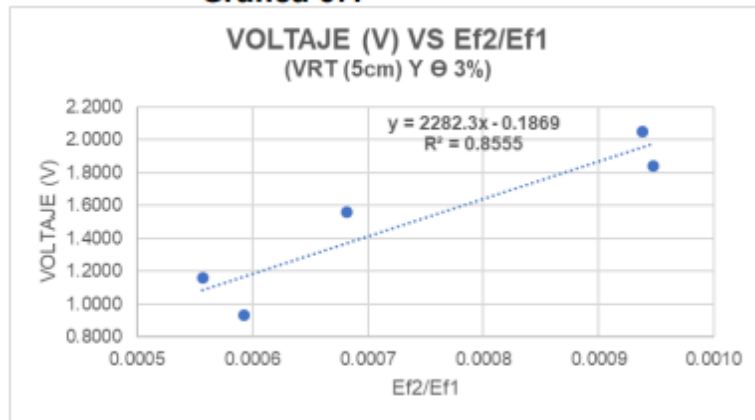
Grafica 65.



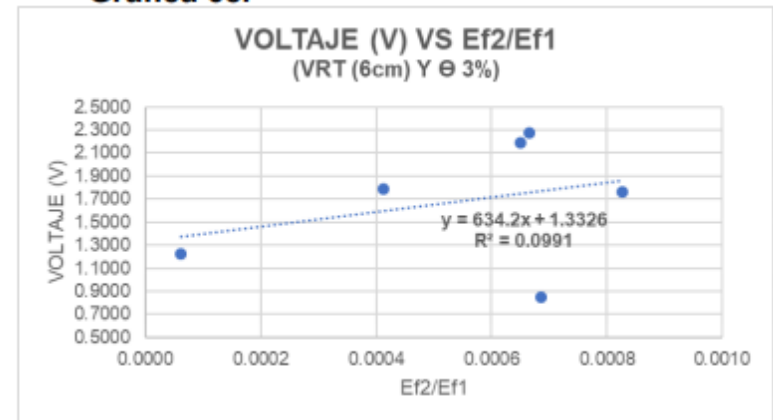
Grafica 66.



Grafica 67.

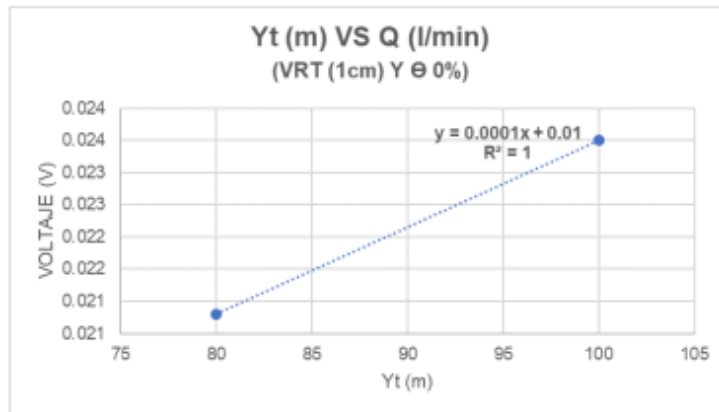


Grafica 68.

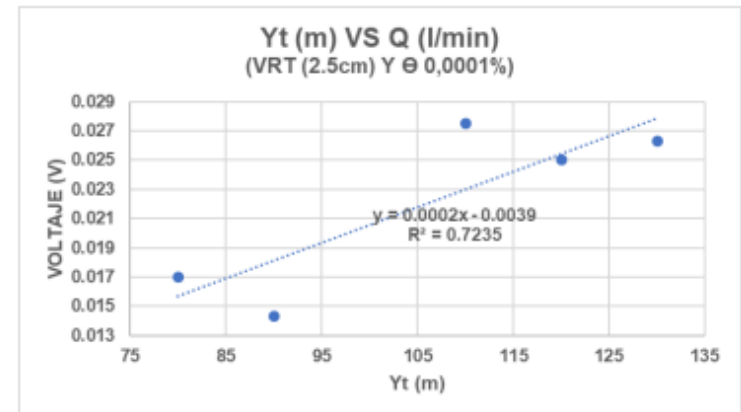


ANEXO J. Yt vs Q (VARIACION DEVERTEDEROS)

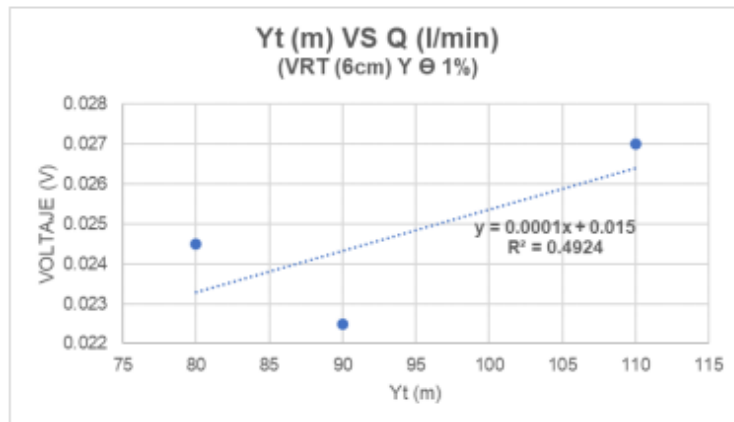
Grafica 69.



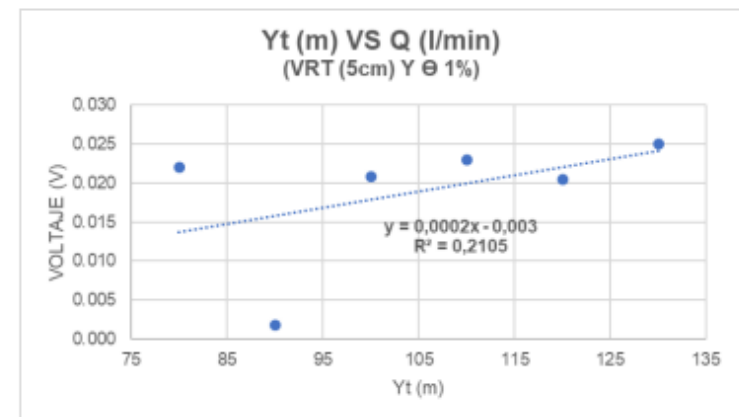
Grafica 70.



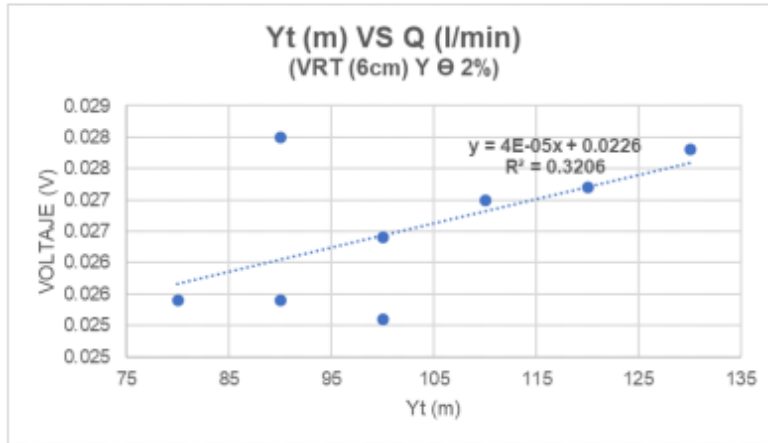
Grafica 71.



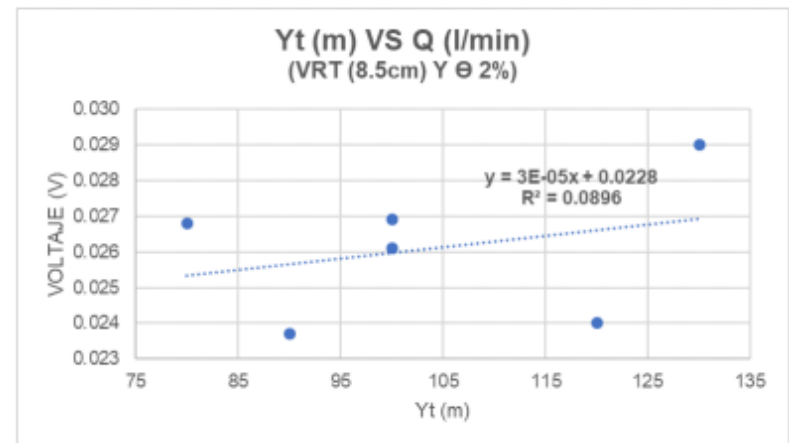
Grafica 72.



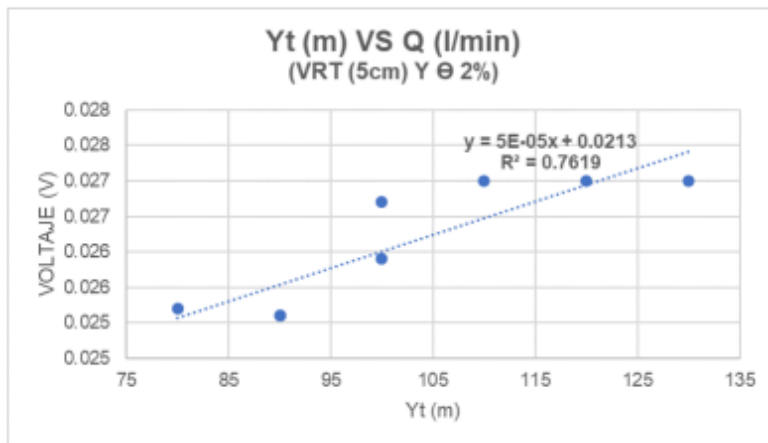
Grafica 73.



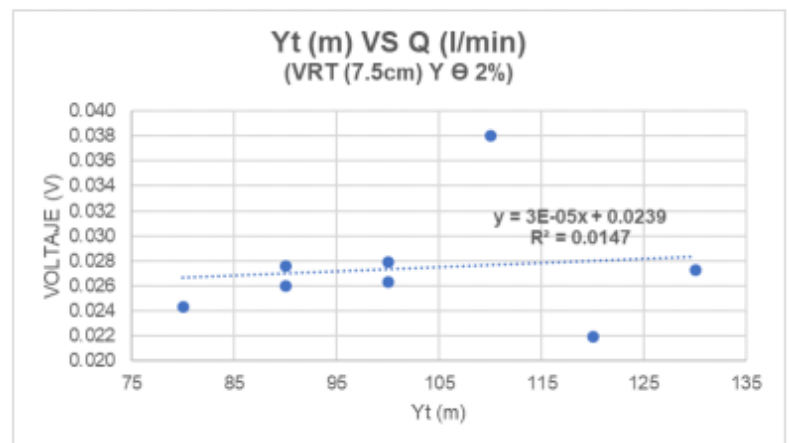
Grafica 74.



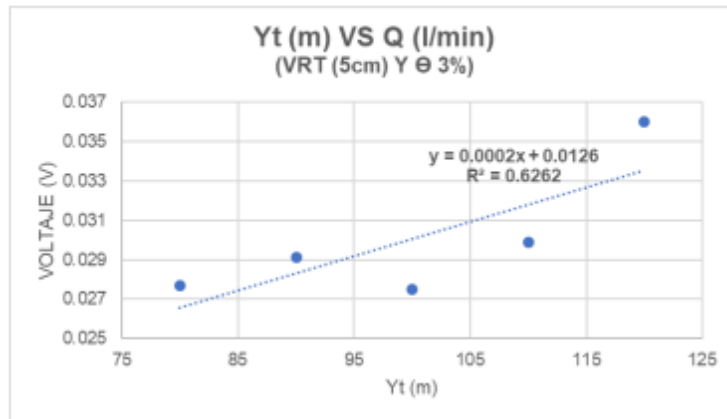
Grafica 75.



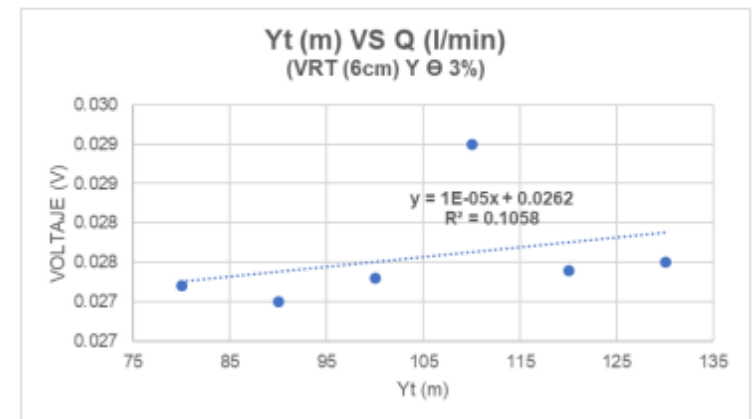
Grafica 76.



Grafica 77.

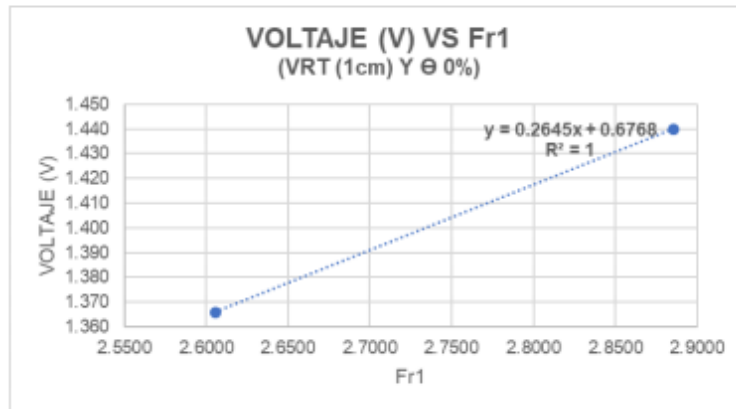


Grafica 80.

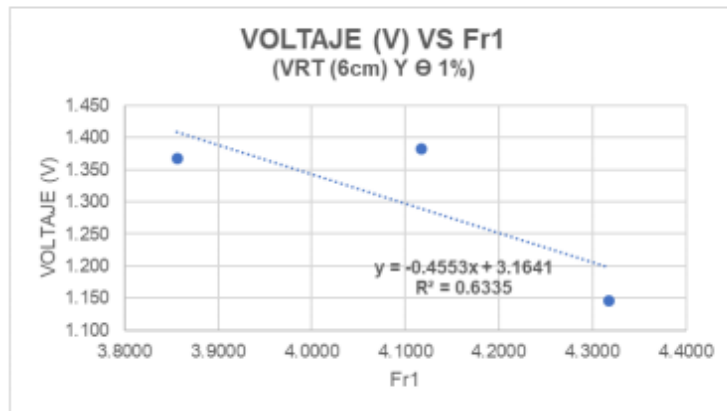


ANEXO K. Yt vs Q (VARIACION DEVERTEDEROS)

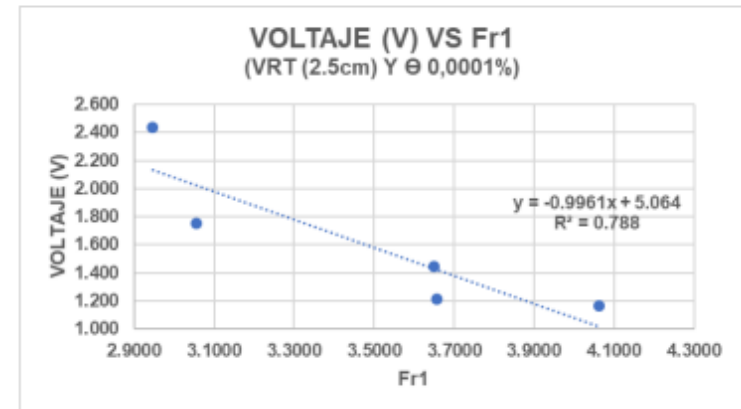
Grafica 81.



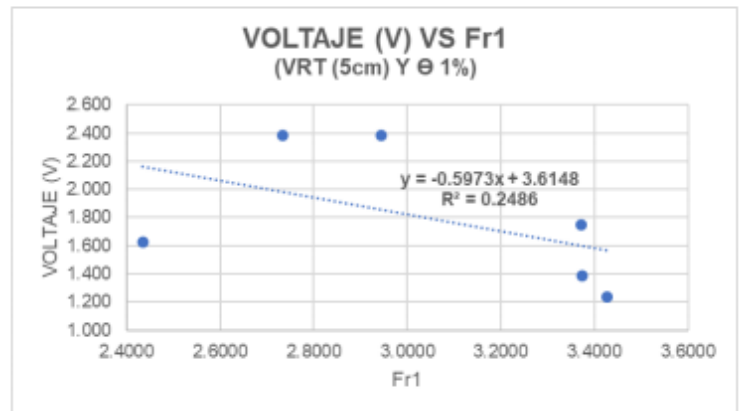
Grafica 83.



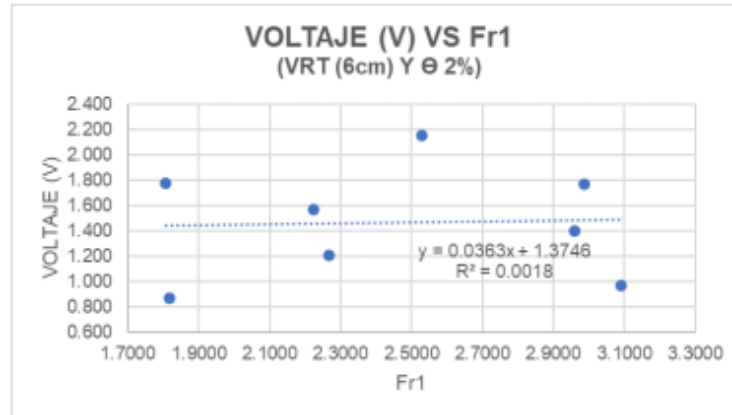
Grafica 82.



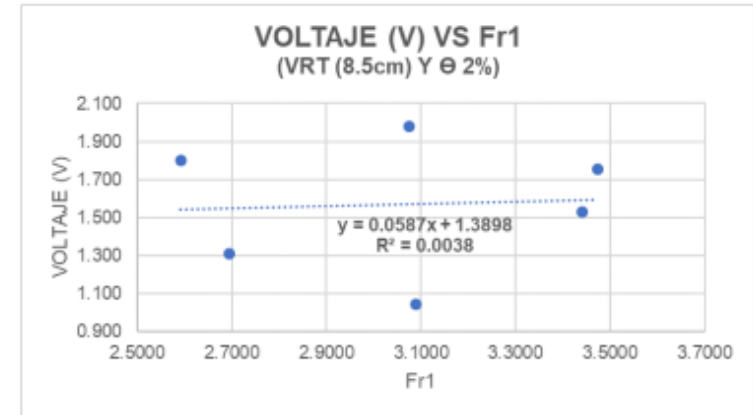
Grafica 84.



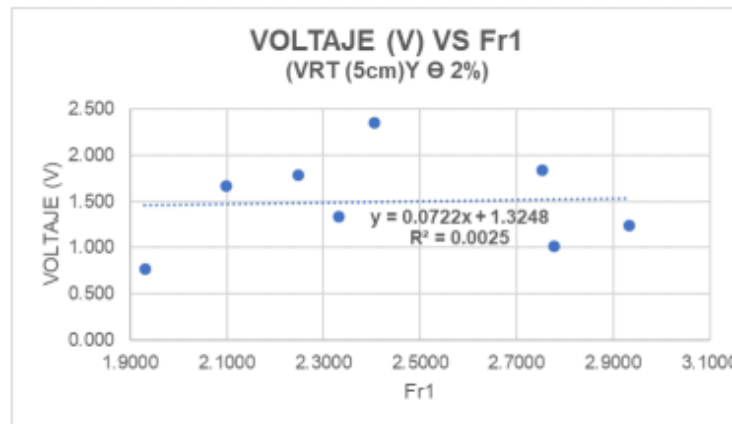
Grafica 85.



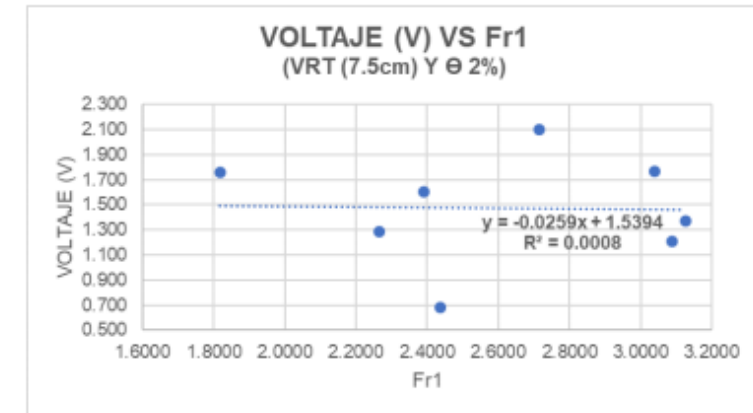
Grafica 86.



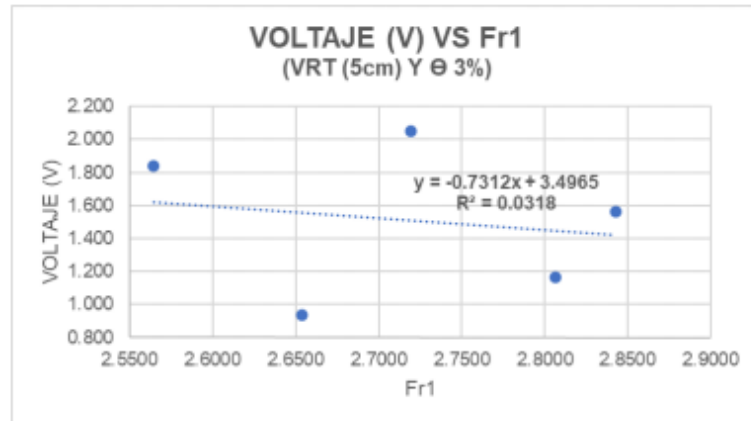
Grafica 87.



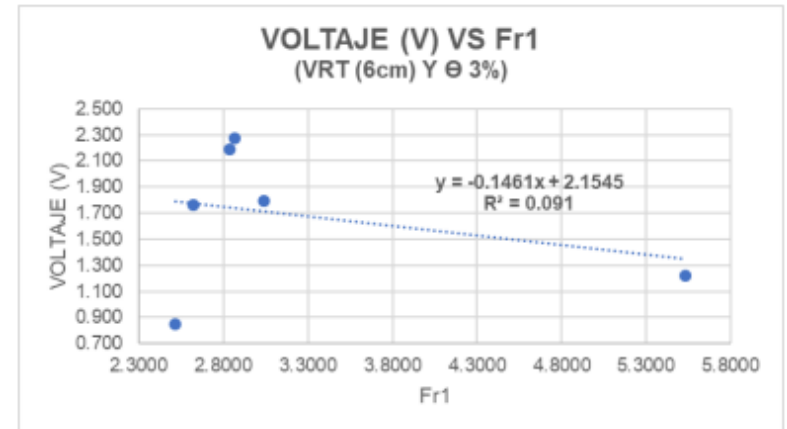
Grafica 88.



Grafica 89.



Grafica 90.



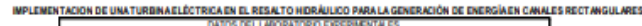
ANEXO L. Resaltos teóricos (Y1)

UNIVERSIDAD CATOLICA		IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRULICO PARA LA ALIMENTACIÓN DE ENERGIAS CUALES RECTANGULARES										DATOS DEL LABORATORIO EXPERIMENTAL									
		CONDICIONES REALES				CONDICIONES IDEALES				CONDICIONES REALES				CONDICIONES IDEALES							
N.º	TIPO	Q (m³/s)	H (m)	W (m)	W (m)	Q (m³/s)	H (m)	W (m)	W (m)	Q (m³/s)	H (m)	W (m)	W (m)	Q (m³/s)	H (m)	W (m)	W (m)				
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
1	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
2	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
3	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
4	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
5	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
6	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
7	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
8	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
9	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
10	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
11	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
12	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
13	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
14	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
15	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
16	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
17	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
18	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
19	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
20	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
21	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
22	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
23	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
24	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
25	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
26	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
27	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
28	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
29	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
30	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
31	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
32	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
33	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
34	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
35	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
36	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
37	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
38	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
39	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
40	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
41	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
42	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
43	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
44	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
45	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
46	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
47	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
48	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
49	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
50	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
51	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
52	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
53	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
54	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
55	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
56	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
57	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
58	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
59	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
60	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633				
61	0.001	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633	1.7633							

			IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CANALES RECTANGULARES																												
DATOS DEL LABORATORIO EXPERIMENTALES																															
N.º DATO	AN. CANAL (m)	AL. CANAL (m)	Caudal (l/s)	Q (m³/s)	V1 (m/s)	INICIO DEL RESALTO				FIN DEL RESALTO				TIPO RESALTO	Tc (m)	T (°C)	p (kg/cm²)	Y (m)	MOMENTO		EFICIENCIA DEL RESALTO				LONGITUD DEL RESALTO						
						V1 (m/s)	V1 (m/s)	Fr1	E1 (m)	V2 (m/s)	V2 (m/s)	Fr2	E2 (m)						M1 (N/m)	M2 (N/m)	ΔE	EF1	EF2	EF2/EF1	SILVESTRE (m)	WOYCHY (m)	SMETANA Y TIGON (m)	PAULOVSKY (m)	LUON (m)	SARRENEZ (m)	RAJANARATH (m)
311	3%	0.005223599	130	0.0022	NO	0.03	0.9630	1.7751	0.0914	0.0468	0.0174	0.9113	0.0730	RESALTO DIBEL	0.0440	NA	137.34	1347.3554	7.5.E+05	4.8.E+05	0.0194	82.3005	8.8191	0.1089	0.2261	0.2510	0.1907	0.2185	0.4521	0.1195	0.3707
312	3%	0.005223599	130	0.0022	1	0.03	0.9630	1.7751	0.0914	0.0468	0.0174	0.9113	0.0730	RESALTO DIBEL	0.0440	NA	137.34	1347.3554	7.5.E+05	4.8.E+05	0.0194	82.3005	8.8191	0.1089	0.2261	0.2510	0.1907	0.2185	0.4521	0.1195	0.3707
313	3%	0.005223599	130	0.0022	2	0.03	0.9630	1.7751	0.0914	0.0468	0.0174	0.9113	0.0730	RESALTO DIBEL	0.0440	NA	137.34	1347.3554	7.5.E+05	4.8.E+05	0.0194	82.3005	8.8191	0.1089	0.2261	0.2510	0.1907	0.2185	0.4521	0.1195	0.3707
314	3%	0.005223599	130	0.0022	3	0.03	0.9630	1.7751	0.0914	0.0468	0.0174	0.9113	0.0730	RESALTO DIBEL	0.0440	NA	137.34	1347.3554	7.5.E+05	4.8.E+05	0.0194	82.3005	8.8191	0.1089	0.2261	0.2510	0.1907	0.2185	0.4521	0.1195	0.3707
315	3%	0.005223599	130	0.0022	1Y3	0.0225	1.2840	2.7329	0.1317	0.0502	0.4432	0.5542	0.0782	RESALTO OSCILANTE	0.0440	NA	137.34	1347.3554	1.0.E+06	3.5.E+05	0.0535	343.5026	1.8032	0.0554	0.3622	0.4223	0.3236	0.3068	0.4341	0.3689	0.4586
316	3%	0.005223599	130	0.0022	2Y3	0.0205	1.4032	3.1434	0.1521	0.0712	0.4520	0.4857	0.0821	RESALTO OSCILANTE	0.0440	NA	137.34	1347.3554	1.1.E+06	3.2.E+05	0.0703	340.8264	1.2652	0.0524	0.4753	0.3655	0.4419	0.3185	0.4885	0.4886	0.4886
317	3%	0.005223599	130	0.0022	12Y9	0.0214	1.3490	2.9463	0.1421	0.0564	0.4233	0.5155	0.0803	RESALTO OSCILANTE	0.0440	NA	137.34	1347.3554	1.1.E+06	3.3.E+05	0.0619	330.9391	1.5182	0.0325	0.4608	0.4510	0.3482	0.3223	0.4378	0.3783	0.4746
318	3%	0.005223599	130	0.0022	NO	0.02	1.4444	3.2610	0.1282	0.0728	0.3970	0.4908	0.0832	RESALTO OSCILANTE	0.0440	NA	137.34	1347.3554	1.1.E+06	3.1.E+05	0.0720	330.9391	1.1744	0.0319	0.4445	0.4052	0.3707	0.3432	0.3913	0.3913	0.4667
319	3%	0.005223599	120	0.0020	NO	0.03	0.8889	1.6385	0.0824	0.0411	0.0486	1.0212	0.0360	RESALTO ONDULANTE	0.0417	NA	137.34	1347.3554	6.4.E+05	4.7.E+05	0.0134	63.9889	12.8699	0.2040	0.1059	0.2005	0.1587	0.1195	0.4439	0.2549	0.3367
320	3%	0.005223599	120	0.0020	1	0.03	0.8889	1.6385	0.0824	0.0411	0.0486	1.0212	0.0360	RESALTO ONDULANTE	0.0417	NA	137.34	1347.3554	6.4.E+05	4.7.E+05	0.0134	63.9889	12.8699	0.2040	0.1059	0.2005	0.1587	0.1195	0.4439	0.2549	0.3367
321	3%	0.005223599	120	0.0020	2	0.03	0.8889	1.6385	0.0824	0.0411	0.0486	1.0212	0.0360	RESALTO ONDULANTE	0.0417	NA	137.34	1347.3554	6.4.E+05	4.7.E+05	0.0134	63.9889	12.8699	0.2040	0.1059	0.2005	0.1587	0.1195	0.4439	0.2549	0.3367
322	3%	0.005223599	120	0.0020	3	0.0274	1.2461	2.7187	0.1243	0.0516	0.4320	0.5589	0.0740	RESALTO OSCILANTE	0.0417	NA	137.34	1347.3554	9.6.E+05	3.1.E+05	0.0503	338.1052	1.8892	0.0556	0.3608	0.3686	0.3054	0.2899	0.4114	0.3440	0.4338
323	3%	0.005223599	120	0.0020	1Y3	0.0202	1.3201	2.4654	0.1357	0.0501	0.4305	0.5154	0.0762	RESALTO OSCILANTE	0.0417	NA	137.34	1347.3554	9.6.E+05	3.0.E+05	0.0504	340.2189	1.4654	0.0333	0.3907	0.4299	0.3301	0.3068	0.4154	0.3584	0.4513
324	3%	0.005223599	120	0.0020	2Y3	0.02	1.3333	3.0162	0.1378	0.0507	0.4057	0.5053	0.0786	RESALTO OSCILANTE	0.0417	NA	137.34	1347.3554	9.6.E+05	2.8.E+05	0.0612	340.2189	1.4654	0.0333	0.3907	0.4299	0.3301	0.3068	0.4154	0.3584	0.4513
325	3%	0.005223599	120	0.0020	12Y9	0.0204	1.3072	2.9221	0.1336	0.0545	0.4133	0.5156	0.0778	RESALTO OSCILANTE	0.0417	NA	137.34	1347.3554	9.6.E+05	3.0.E+05	0.0576	342.1988	1.5468	0.0336	0.3948	0.4246	0.3259	0.3039	0.4145	0.3577	0.4483
326	3%	0.005223599	110	0.0018	NO	0.03	0.8148	1.5030	0.0740	0.0355	0.0803	1.1685	0.0689	RESALTO ONDULANTE	0.0383	NA	137.34	1347.3554	5.4.E+05	4.6.E+05	0.0070	47.1942	20.2237	0.4293	0.1458	0.1620	0.1228	0.1147	0.4432	0.2704	0.3628
327	3%	0.005223599	110	0.0018	1	0.03	0.8148	1.5030	0.0740	0.0355	0.0803	1.1685	0.0689	RESALTO ONDULANTE	0.0383	NA	137.34	1347.3554	5.4.E+05	4.6.E+05	0.0070	47.1942	20.2237	0.4293	0.1458	0.1620	0.1228	0.1147	0.4432	0.2704	0.3628
328	3%	0.005223599	110	0.0018	2	0.03	0.8148	1.5030	0.0740	0.0355	0.0803	1.1685	0.0689	RESALTO ONDULANTE	0.0383	NA	137.34	1347.3554	5.4.E+05	4.6.E+05	0.0070	47.1942	20.2237	0.4293	0.1458	0.1620	0.1228	0.1147	0.4432	0.2704	0.3628
329	3%	0.005223599	110	0.0018	3	0.0195	1.2536	2.8851	0.1236	0.0501	0.4052	0.5282	0.0711	RESALTO OSCILANTE	0.0383	NA	137.34	1347.3554	8.3.E+05	2.7.E+05	0.0525	401.1588	1.6234	0.0341	0.3570	0.3641	0.3023	0.2828	0.3663	0.3553	0.4193
330	3%	0.005223599	110	0.0018	1Y3	0.021	1.1540	2.5046	0.1198	0.0524	0.4374	0.5388	0.0680	RESALTO OSCILANTE	0.0383	NA	137.34	1347.3554	7.7.E+05	2.6.E+05	0.0462	379.0049	2.4860	0.0369	0.3218	0.3509	0.2723	0.2808	0.3686	0.3921	0.3963
331	3%	0.005223599	110	0.0018	2Y3	0.0206	1.1896	2.6386	0.1139	0.0570	0.4280	0.5777	0.0682	RESALTO OSCILANTE	0.0383	NA	137.34	1347.3554	7.8.E+05	2.8.E+05	0.0447	306.6619	2.0063	0.0367	0.3310	0.3659	0.2801	0.2881	0.3873	0.3983	0.4037
332	3%	0.005223599	110	0.0018	12Y9	0.0205	1.1524	2.6586	0.1147	0.0573	0.4260	0.5885	0.0680	RESALTO OSCILANTE	0.0383	NA	137.34	1347.3554	7.8.E+05	2.8.E+05	0.0454	314.0707	2.0166	0.0364	0.3333	0.3694	0.2821	0.2885	0.3875	0.3971	0.4051
333	3%	0.005223599	110	0.0018	1	0.02	1.2222	2.7393	0.1190	0.0587	0.4192	0.5480	0.0702	RESALTO OSCILANTE	0.0383	NA	137.34	1347.3554	8.1.E+05	2.8.E+05	0.0488	354.4594	1.8132	0.0351	0.3450	0.3811	0.2921	0.3087	0.3911	0.4121	0.4121
334	3%	0.005223599	100	0.0017	NO	0.03	0.7407	1.3654	0.0664	0.0298	0.0747	1.3786	0.0686	RESALTO ONDULANTE	0.0389	NA	137.34	1347.3554	4.5.E+05	4.5.E+05	-0.0030	34.1724	35.1628	0.0072	0.1058	0.1176	0.0890	0.1380	0.4512	0.3408	0.2690
335	3%	0.005223599	100	0.0017	NO	0.02	1.1111	2.5085	0.1018	0.0517	0.4302	0.6044	0.0639	RESALTO OSCILANTE	0.0389	NA	137.34	1347.3554	6.7.E+05	2.6.E+05	0.0379	259.4965	2.4039	0.0303	0.3054	0.3208	0.2489	0.2489	0.3625	0.3910	0.3689
336	3%	0.005223599	100	0.0017	1	0.02	1.1111	2.5085	0.1018	0.0517	0.4302	0.6044	0.0639	RESALTO OSCILANTE	0.0389	NA	137.34	1347.3554	6.7.E+05	2.6.E+05	0.0379	259.4965	2.4039	0.0303	0.3054	0.3208	0.2489	0.2489	0.3625	0.3910	0.3689
337	3%	0.005223599	100	0.0017	2	0.02	1.1111	2.5085	0.1018	0.0517	0.4302	0.6044	0.0639	RESALTO OSCILANTE	0.0389	NA	137.34	1347.3554	6.7.E+05	2.6.E+05	0.0379	259.4965	2.4039	0.0303	0.3054	0.3208	0.2489	0.2489	0.3625	0.3910	0.3689
338	3%	0.005223599	100	0.0017	3	0.017	1.3072	3.2010	0.1302	0.0604	0.3978	0.4777	0.0894	RESALTO OSCILANTE	0.0389	NA	137.34	1347.3554	7.8.E+05	2.2.E+05	0.0388	374.1481	1.2284	0.0321	0.3077	0.4049	0.3115	0.2849	0.3721	0.3905	0.4135
339	3%	0.005223599	100	0.0017	1Y3	0.019	1.1406	2.7391	0.1108	0.0541	0.4386	0.5899	0.0685	RESALTO OSCILANTE	0.0389	NA	137.34	1347.3554	7.1.E+05	2.5.E+05	0.0462	333.6362	1.9154	0.0357	0.3183	0.3851	0.2817	0.3043	0.3886	0.3886	0.3886
340	3%	0.005223599	100	0.0017	2Y3	0.0174	1.2771	3.0912	0.1255	0.0592	0.3758	0.4930	0.0685	RESALTO OSCILANTE	0.0389	NA	137.34	1347.3554	7.7.E+05	2.3.E+05	0.0570	312.6247	1.3385	0.0336	0.3254	0.3939	0.3628	0.2788	0.3701	0.3927	0.4072
341	3%	0.005223599	100	0.0017	12Y9	0.0185	1.3498	3.3475	0.1387	0.0620	0.3581	0.4591	0.0758	RESALTO OSCILANTE	0.0389	NA	137.34	1347.3554	8.1.E+05	2.2.E+05	0.0581	363.0042	1.1036	0.0317	0.3869	0.4189	0.3238	0.2927	0.3751	0.3934	0.4218
342	3%	0.005223599	90	0.0015	NO	0.01	2.2222	2.7855	0.3172	0.0505																					

ANEXO M. Resaltos Experimentales (Y1; Y2)

UNIVERSIDAD CATÓLICA										IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍAS CUALES RECTANGULARES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
										DATOS DEL LABORATORIO EXPERIMENTALES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
										INICIO DEL RESALTO										FIN DEL RESALTO										LONGITUD DEL RESALTO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Nº	DATO	Nº	CANAL (S)	Nº	CANAL (RAD)	G (mm)	G (m³/s)	COMPUESTA	VRT	Y1 (m)	Y2 (m)	Y3 (m)	Y4 (m)	Y5 (m)	Y6 (m)	Y7 (m)	Y8 (m)	Y9 (m)	Y10 (m)	Y11 (m)	Y12 (m)	Y13 (m)	Y14 (m)	Y15 (m)	Y16 (m)	Y17 (m)	Y18 (m)	Y19 (m)	Y20 (m)	Y21 (m)	Y22 (m)	Y23 (m)	Y24 (m)	Y25 (m)	Y26 (m)	Y27 (m)	Y28 (m)	Y29 (m)	Y30 (m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	0.00%	1.74533E-07	130	0.0021607	0.02	2	0.0257	1.041	2.387	1.039	0.0103	0.3766	0.4376	0.0088	RESALTO DEBIL	0.0440	144	1969	1962.05	2.7.E-04	3.8.E-04	0.0236	0.0232	176.4333	0.9728	0.0035	0.3111	0.3447	0.3620	0.4260	0.3452	0.4171	0.329	0.4321	0.3542	0.4171	0.329	0.4321	0.3542	0.4171																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2	0.00%	1.74533E-07	130	0.0021607	0.02	172	0.0272	1.0621	2.0561	0.1039	0.0080	0.3347	0.3474	0.0080	RESALTO DEBIL	0.0440	144	1969	1962.05	2.6.E-04	3.7.E-04	0.0230	0.0245	134.6213	0.9474	0.0041	0.2902	0.3108	0.3267	0.3486	0.4203	0.3205	0.3689	0.41	0.4203	0.3205	0.3689	0.41	0.4203	0.3205	0.3689																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3	0.00%	1.74533E-07	130	0.002	0.02	2	0.0240	1.1111	2.0899	0.1059	0.0105	0.3793	0.4548	0.0080	RESALTO DEBIL	0.0417	144	1969	1962.05	2.5.E-04	3.6.E-04	0.0228	0.0259	102.2588	0.9708	0.0056	0.3205	0.3352	0.3509	0.3666	0.4303	0.3207	0.3689	0.42	0.4303	0.3207	0.3689	0.42	0.4303	0.3207	0.3689																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
12	0.00%	1.74533E-07	110	0.0019333	0.02	2	0.0210	1.1640	2.5546	0.1108	0.0140	0.3330	0.3877	0.0012	RESALTO OSCILANTE	0.0393	144	1969	1962.05	2.3.E-04	3.7.E-04	0.0205	0.0208	275.0249	0.7147	0.0026	0.3218	0.3359	0.3500	0.3641	0.4282	0.3211	0.3693	0.42	0.4282	0.3211	0.3693	0.42	0.4282	0.3211	0.3693																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
16	0.00%	1.74533E-07	110	0.0019333	0.02	2	0.0210	1.1640	2.5546	0.1108	0.0140	0.3330	0.3877	0.0012	RESALTO OSCILANTE	0.0393	144	1969	1962.05	2.3.E-04	3.7.E-04	0.0205	0.0208	275.0249	0.7147	0.0026	0.3218	0.3359	0.3500	0.3641	0.4282	0.3211	0.3693	0.42	0.4282	0.3211	0.3693	0.42	0.4282	0.3211	0.3693																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
24	0.00%	1.74533E-07	90	0.0015	0.02	NO	0.0200	1.0807	1.2533	0.0023	0.0449	0.4545	0.6919	0.0077	RESALTO ONDULANTE	0.0344	144	1969	1962.05	1.4.E-04	1.6.E-04	0.0208	0.0130	29.4390	0.5322	0.0177	0.5918	0.6059	0.6199	0.6477	0.6250	0.6429	0.6250	0.6429	0.6250	0.6429	0.6250	0.6429	0.6250	0.6429	0.6250	0.6429																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
25	0.00%	1.74533E-07	90	0.0015	0.02	1	0.0204	1.0742	1.3542	0.0013	0.0233	0.3824	0.5339	0.0020	RESALTO ONDULANTE	0.0344	144	1969	1962.05	1.4.E-04	1.6.E-04	-0.0007	0.0148	31.0081	0.6738	0.0030	0.6015	0.6156	0.6297	0.6438	0.6273	0.6453	0.6273	0.6453	0.6273	0.6453	0.6273	0.6453	0.6273	0.6453	0.6273	0.6453																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
31	0.00%	1.74533E-07	90	0.0015	0.02	2	0.0160	1.2500	1.1551	0.1185	0.0070	0.2985	0.3682	0.0079	RESALTO OSCILANTE	0.0344	144	1969	1962.05	2.0.E-04	2.2.E-04	0.0466	0.0098	547.9644	0.6207	0.0011	0.3388	0.3732	0.4076	0.4420	0.4764	0.5108	0.5452	0.5796	0.6140	0.6484	0.6828	0.7172	0.7516	0.7860	0.8204	0.8548	0.8892	0.9236	0.9580	0.9924	1.0268	1.0612	1.0956	1.1300	1.1644	1.1988	1.2332	1.2676	1.3020	1.3364	1.3708	1.4052	1.4396	1.4740	1.5084	1.5428	1.5772	1.6116	1.6460	1.6804	1.7148	1.7492	1.7836	1.8180	1.8524	1.8868	1.9212	1.9556	1.9900	2.0244	2.0588	2.0932	2.1276	2.1620	2.1964	2.2308	2.2652	2.2996	2.3340	2.3684	2.4028	2.4372	2.4716	2.5060	2.5404	2.5748	2.6092	2.6436	2.6780	2.7124	2.7468	2.7812	2.8156	2.8500	2.8844	2.9188	2.9532	2.9876	3.0220	3.0564	3.0908	3.1252	3.1596	3.1940	3.2284	3.2628	3.2972	3.3316	3.3660	3.4004	3.4348	3.4692	3.5036	3.5380	3.5724	3.6068	3.6412	3.6756	3.7100	3.7444	3.7788	3.8132	3.8476	3.8820	3.9164	3.9508	3.9852	4.0196	4.0540	4.0884	4.1228	4.1572	4.1916	4.2260	4.2604	4.2948	4.3292	4.3636	4.3980	4.4324	4.4668	4.5012	4.5356	4.5700	4.6044	4.6388	4.6732	4.7076	4.7420	4.7764	4.8108	4.8452	4.8796	4.9140	4.9484	4.9828	5.0172	5.0516	5.0860	5.1204	5.1548	5.1892	5.2236	5.2580	5.2924	5.3268	5.3612	5.3956	5.4300	5.4644	5.4988	5.5332	5.5676	5.6020	5.6364	5.6708	5.7052	5.7396	5.7740	5.8084	5.8428	5.8772	5.9116	5.9460	5.9804	6.0148	6.0492	6.0836	6.1180	6.1524	6.1868	6.2212	6.2556	6.2900	6.3244	6.3588	6.3932	6.4276	6.4620	6.4964	6.5308	6.5652	6.5996	6.6340	6.6684	6.7028	6.7372	6.7716	6.8060	6.8404	6.8748	6.9092	6.9436	6.9780	7.0124	7.0468	7.0812	7.1156	7.1500	7.1844	7.2188	7.2532	7.2876	7.3220	7.3564	7.3908	7.4252	7.4596	7.4940	7.5284	7.5628	7.5972	7.6316	7.6660	7.7004	7.7348	7.7692	7.8036	7.8380	7.8724	7.9068	7.9412	7.9756	8.0100	8.0444	8.0788	8.1132	8.1476	8.1820	8.2164	8.2508	8.2852	8.3196	8.3540	8.3884	8.4228	8.4572	8.4916	8.5260	8.5604	8.5948	8.6292	8.6636	8.6980	8.7324	8.7668	8.8012	8.8356	8.8700	8.9044	8.9388	8.9732	9.0076	9.0420	9.0764	9.1108	9.1452	9.1796	9.2140	9.2484	9.2828	9.3172	9.3516	9.3860	9.4204	9.4548	9.4892	9.5236	9.5580	9.5924	9.6268	9.6612	9.6956	9.7300	9.7644	9.7988	9.8332	9.8676	9.9020	9.9364	9.9708	1.0052	1.0396	1.0740	1.1084	1.1428	1.1772	1.2116	1.2460	1.2804	1.3148	1.3492	1.3836	1.4180	1.4524	1.4868	1.5212	1.5556	1.5900	1.6244	1.6588	1.6932	1.7276	1.7620	1.7964	1.8308	1.8652	1.8996	1.9340	1.9684	2.0028	2.0372	2.0716	2.1060	2.1404	2.1748	2.2092	2.2436	2.2780	2.3124	2.3468	2.3812	2.4156	2.4500	2.4844	2.5188	2.5532	2.5876	2.6220	2.6564	2.6908	2.7252	2.7596	2.7940	2.8284	2.8628	2.8972	2.9316	2.9660	3.0004	3.0348	3.0692	3.1036	3.1380	3.1724	3.2068	3.2412	3.2756	3.3100	3.3444	3.3788	3.4132	3.4476	3.4820	3.5164	3.5508	3.5852	3.6196	3.6540	3.6884	3.7228	3.7572	3.7916	3.8260	3.8604	3.8948	3.9292	3.9636	3.9980	4.0324	4.0668	4.1012	4.1356	4.1700	4.2044	4.2388	4.2732	4.3076	4.3420	4.3764	4.4108	4.4452	4.4796	4.5140	4.5484	4.5828	4.6172	4.6516	4.6860	4.7204	4.7548	4.7892	4.8236	4.8580	4.8924	4.9268	4.9612	4.9956	5.0300	5.0644	5.0988	5.1332	5.1676	5.2020	5.2364	5.2708	5.3052	5.3396	5.3740	5.4084	5.4428	5.4772	5.5116	5.5460	5.5804	5.6148	5.6492	5.6836	5.7180	5.7524	5.7868	5.8212	5.8556	5.8900	5.9244	5.9588	5.9932	6.0276	6.0620	6.0964	6.1308	6.1652	6.1996	6.2340	6.2684	6.3028	6.3372	6.3716	6.4060	6.4404	6.4748	6.5092	6.5436	6.5780	6.6124	6.6468	6.6812	6.7156	6.7500	6.7844	6.8188	6.8532	6.8876	6.9220	6.9564	6.9908	7.0252	7.0596	7.0940	7.1284	7.1628	7.1972	7.2316	7.2660	7.3004	7.3348	7.3692	7.4036	7.4380	7.4724	7.5068	7.5412	7.5756	7.6100	7.6444	7.6788	7.7132	7.7476	7.7820	7.8164	7.8508	7.8852	7.9196	7.9540	7.9884	8.0228	8.0572	8.0916	8.1260	8.1604	8.1948	8.2292	8.2636	8.2980	8.3324	8.3668	8.4012	8.4356	8.4700	8.5044	8.5388	8.5732	8.6076	8.6420	8.6764	8.7108	8.7452	8.7796	8.8140	8.8484	8.8828	8.9172	8.9516	8.9860	9.0204	9.0548	9.0892	9.1236	9.1580	9.1924	9.2268	9.2612	9.2956	9.3300	9.3644	9.3988	9.4332	9.4676	9.5020	9.5364	9.5708	9.6052	9.6396	9.6740	9.7084	9.7428	9.7772	9.8116	9.8460	9.8804	9.9148	9.9492	9.9836	1.0076	1.0420	1.0764	1.1108	1.1452	1.1796	1.2140	1.2484	1.2828	1.3172	1.3516	1.3860	1.4204	1.4548	1.4892	1.5236	1.5580	1.5924	1.6268	1.6612	1.6956	1.7300	1.7644	1.7988	1.8332	1.8676	1.9020	1.9364	1.9708	2.0052	2.0396	2.0740	2.1084	2.1428	2.1772	2.2116	2.2460	2.2804	2.3148	2.3492	2.3836	2.4180	2.4524	2.4868	2.5212	2.5556	2.5900	2.6244	2.6588	2.6932	2.7276	2.7620	2.7964	2.8308	2.8652	2.8996	2.9340	2.9684	3.0028	3.0372	3.0716	3.1060	3.1404	3.1748	3.2092	3.2436	3.2780	3.3124	3.3468	3.3812	3.4156	3.4500	3.4844	3.5188	3.5532	3.5876	3.6220	3.6564	3.6908	3.7252	3.7596	3.7940	3.8284	3.8628	3.8972	3.9316	3.9660	4.0004	4.0348	4.0692	4.1036	4.1380	4.1724	4.2068	4.2412	4.2756	4.3100	4.3444	4.3788	4.4132	4.4476	4.4820	4.5164	4.5508	4.5852	4.6196	4.6540	4.6884	4.7228	4.7572	4.7916	4.8260	4.8604	4.8948	4.9292	4.9636	4.9980	5.0324	5.0668	5.1012	5.1356	5.1700	5.2044	5.2388	5.2732	5.3076	5.3420	5.3764	5.4108	5.4452	5.4796	5.5140	5.5484	5.5828

101

ANEXO N. Resaltos Experimentales (Turbina hélice)

IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CAUALES RECTANGULARES																									
DATOS DEL LABORATORIO EXPERIMENTALES																									
DATO	INCLINACIÓN	CAUDAL (l/min)	CAUDAL (m³/s)	Y1 T (m)	Y2 T (m)	COMPUERTA	VRT	Yc (m)	Y1 (m)	Y0 (m)	X0 (m)	θ (°)	VOLTAJE 1	VOLTAJE 2	VOLTAJE 3	VOLTAJE 4	VOLTAJE 5	DESVI VOLTA	RANGO	BNF	V PROM	SUP	L TURBINA (m)	Xi (m)	OBSERVACIONES
2	0.001%	130	0.002169867	0.0214	0.0787	0.03	2	0.0440	0.0263	0.2237	0.456	26.1312	2.34	2.47	2.56	2.44	2.38	0.0850	2.3530	2.4380	2.5230	1.17	0.16		
5	0.001%	130	0.002169867	0.0185	0.0853	0.03	1Y 2	0.0440	0.0214	0.2286	0.445	27.1899	2.11	2.85	2.78	1.94	1.91	0.4607	1.8573	2.3180	2.7787	0.93	0.23		
9	0.001%	130	0.002169867	0.0185	0.0754	0.03	2	0.0417	0.026	0.226	0.443	26.9260	1.84	1.72	1.54	1.79	1.88	0.1337	1.6203	1.7540	1.8877	1.17	0.214		
12	0.001%	110	0.001833333	0.0166	0.0712	0.03	2	0.0360	0.0275	0.2225	0.43	27.3569	1.39	1.21	1.41	1.5	1.71	0.1822	1.2818	1.4440	1.6262	1.14	0.19		
16	0.001%	100	0.001698667	0.0195	0.0581	0.03	1	0.0369	0.0235	0.2285	0.445	26.9756	1.22	1.42	1.34	1.38	1.47	0.0848	1.2712	1.3660	1.4608	2.05	0.155		
24	0.001%	90	0.0015			0.02	NO	0.0344																	
25	0.001%	90	0.0015			0.02	1	0.0344																	
31	0.001%	90	0.0015	0.0145	0.0855	0.02	2	0.0344	0.0143	0.2357	0.445	27.9085	1.14	1.22	1.16	1.24	1.32	0.0713	1.1447	1.2160	1.2873	1.005	22		EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
32	0%	90	0.0015			0.02	1Y 2	0.0344																	
41	0.001%	80	0.001333333	0.0157	0.0473	0.02	1	0.0318	0.0208	0.2262	0.435	27.7846	1.41	1.38	1.49	1.37	1.55	0.0775	1.3625	1.4400	1.5175	2	0.105		
43	0.001%	80	0.001333333	0.0125	0.0632	0.02	2	0.0318	0.017	0.233	0.433	28.2850	1.05	1.12	1.21	1.3	1.15	0.0845	1.0715	1.1680	1.2605	2.78	0.225		
46	0.001%	70	0.001169867			0.02	NO	0.0291		0.25															NO SE GENERA ENERGIA
51	0.001%	70	0.001169867			0.02	1	0.0291		0.25															NO SE GENERA ENERGIA
62	0.001%	60	0.001			0.02	1	0.0283		0.25															NO SE GENERA ENERGIA
72	0.001%	50	0.000833333			0.02	NO	0.0233		0.25															NO SE GENERA ENERGIA
73	0.001%	50	0.000833333			0.02	1	0.0233		0.25															NO SE GENERA ENERGIA
78	0.001%	50	0.000833333			0.02	2	0.0233		0.25															NO SE GENERA ENERGIA
79	0.001%	50	0.000833333			0.02	2	0.0233		0.25															NO SE GENERA ENERGIA
80	0.001%	50	0.000833333			0.02	1Y 2	0.0233		0.25															NO SE GENERA ENERGIA
114	1%	130	0.002169867	0.0225	0.0913	0.03	3	0.0440	0.025	0.225	0.442	26.9784	2.39	2.47	2.38	2.39	2.32	0.0550	2.3310	2.3880	2.4410	0.715	0.183		
115	1%	130	0.002169867			0.03	2Y3	0.0440																	
118	1%	120	0.002	0.0203	0.0836	0.03	3	0.0417	0.0204	0.2296	0.428	28.2113	2.41	2.38	2.39	2.42	2.34	0.0336	2.3504	2.3840	2.4176	0.73	0.152		
119	1%	120	0.002			0.03	2Y3	0.0417																	
120	1%	120	0.002			0.03	1Y3	0.0417																	
124	1%	110	0.001833333	0.0175	0.0757	0.03	3	0.0360	0.023	0.227	0.434	27.6114	1.88	1.76	1.66	1.69	1.76	0.0849	1.6651	1.7500	1.8349	0.734	0.164		
126	1%	130	0.002169867	0.019	0.0836	0.03	1Y3	0.0360	0.027	0.223	0.432	27.3620	1.88	1.98	1.91	1.41	1.41	0.0706	1.9892	1.9600	1.8478	0.603	0.129		
128	1%	100	0.001698667	0.0251	0.0679	0.03	2	0.0369	0.024	0.226	0.428	27.8357	1.05	1.54	1.46	1.45	1.39	0.1103	1.3977	1.5090	1.6183	1.081	0.127		
129	1%	100	0.001698667	0.0226	0.0716	0.03	1Y2	0.0369	0.0212	0.2288	0.431	27.9620	1.68	1.59	1.63	1.48	1.4	0.1141	1.4419	1.5560	1.6701	0.906	0.132		
130	1%	100	0.001698667	0.0204	0.0772	0.03	3	0.0369	0.0208	0.2292	0.412	29.0877	1.74	1.6	1.67	1.57	1.54	0.0808	1.5432	1.6240	1.7048	0.687	0.154		
136	1%	90	0.0015			0.03	2	0.0344																	NO SE GENERA ENERGIA
137	1%	90	0.0015			0.03	1Y2	0.0344																	NO SE GENERA ENERGIA
138	1%	90	0.0015			0.03	3	0.0344																	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
139	1%	90	0.0015			0.03	1Y3	0.0344																	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
145	1%	90	0.0015	0.0153	0.0748	0.02	3	0.0344	0.00185	0.24815	0.46	28.3449	1.49	1.32	1.46	1.38	1.29	0.0664	1.3016	1.3680	1.4744	0.142	0.142		
146	1%	90	0.0015	0.0134	0.0723	0.02	1Y3	0.0344	0.0225	0.2275	0.474	25.6390	1.46	1.38	1.35	1.42	1.3	0.0818	1.3202	1.3820	1.4438	0.618	0.162		
147	1%	90	0.0015			0.02	2Y3	0.0344																	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
151	1%	80	0.001333333			0.03	2	0.0318																	NO SE GENERA ENERGIA
152	1%	80	0.001333333			0.03	3	0.0318																	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
159	1%	80	0.001333333	0.014	0.0712	0.02	3	0.0318	0.022	0.228	0.451	26.8186	1.22	1.16	1.3	1.21	1.29	0.0586	1.1774	1.2360	1.2948	0.592	0.183		
160	1%	80	0.001333333	0.012	0.0719	0.02	1Y3	0.0318	0.0245	0.2255	0.474	25.4422	1.14	1.12	1.1	1.21	1.16	0.0422	1.1038	1.1480	1.1882	0.523	0.187		
161	1%	80	0.001333333			0.02	2Y3	0.0318																	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
169	1%	70	0.001169867			0.02	1Y2	0.0291																	NO SE GENERA ENERGIA
172	1%	70	0.001169867			0.02	3	0.0291																	NO SE GENERA ENERGIA
173	1%	70	0.001169867			0.02	1Y3	0.0291																	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
187	1%	60	0.001			0.02	1Y2	0.0283																	NO SE GENERA ENERGIA
188	1%	60	0.001			0.02	3	0.0283																	NO SE GENERA ENERGIA
189	1%	60	0.001			0.02	1Y3	0.0283																	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
197	1%	50	0.000833333			0.02	3	0.0233																	NO SE GENERA ENERGIA
206	2%	130	0.002169867	0.0248	0.0912	0.03	1Y2	0.0440	0.026	0.224	0.428	27.6280	2.51	2.36	2.49	2.44	2.39	0.0638	2.3742	2.4380	2.5018	0.586	0.128		
207	2%	130	0.002169867	0.0245	0.0952	0.03	3	0.0440	0.027	0.223	0.416	28.1959	2.56	2.49	2.4	2.44	2.39	0.0702	2.3658	2.4560	2.5352	0.423	0.117		
208	2%	130	0.002169867	0.0226	0.0986	0.03	2Y3	0.0440	0.0273	0.2227	0.416	28.0476	2.22	2.12	2.09	2.1	1.98	0.0856	2.0184	2.1020	2.1876	0.347	0.142		
209	2%	130	0.002169867	0.0237	0.0954	0.03	1Y3	0.0440	0.0278	0.2222	0.417	28.0511	2.08	2.15	2.24	2.09	2.2	0.0691	2.0829	2.1520	2.2211	0.312	0.124		
210	2%	130	0.002169867	0.0208	0.1021	0.03	1Y3	0.0440	0.029	0.221	0.418	27.8658	2.06	1.96	1.89	2.01	1.99	0.0600	1.9000	1.9800	2.0400	0.405			

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia		IMPLEMENTACIÓN DE UNA TURBINA ELÉCTRICA EN EL RESALTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN CANALES RECTANGULARES																						
		DATOS DEL LABORATORIO EXPERIMENTALES																						
DATO	INCLINACIÓN	CAUDAL (l/s)	CAUDAL (m³/s)	Y1 T (m)	Y2 T (m)	COMPUERTA	VIT	Yc (m)	Y1 (m)	Yb (m)	B (m)	VOLTAJE 1	VOLTAJE 2	VOLTAJE 3	VOLTAJE 4	VOLTAJE 5	DESVI VOLTA	RANGO			L TURBINA (m)	Xi (m)	OBSERVACIONES	
																		INF	V PROM	SUP				
244	2%	90	0.0015	0.0222	0.0740	0.03	3	0.0344	0.0251	0.2240	0.433	27.4473	0.8	0.75	0.7	0.62	0.78	0.0469	0.7231	0.7700	0.8169	0.554	0.129	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
245	2%	90	0.0015	0.0231	0.0788	0.03	1Y3	0.0344	0.0254	0.2246	0.431	27.5246	0.93	0.9	0.86	0.83	0.82	0.0466	0.8214	0.8680	0.9146	0.523	0.094	
246	2%	90	0.0015	0.019	0.0769	0.03	2Y3	0.0344	0.026	0.224	0.434	27.2996	0.7	0.65	0.72	0.69	0.64	0.0339	0.6461	0.6800	0.7139	0.494	0.146	
247	2%	90	0.0015			0.03	1,2Y3	0.0344																
251	2%	90	0.0015	0.0168	0.0851	0.02	3	0.0344	0.0251	0.2240	0.434	27.3933	1.28	1.24	1.2	1.19	1.29	0.0453	1.1947	1.2400	1.2853	0.431	0.128	
252	2%	90	0.0015	0.0167	0.0867	0.02	1Y3	0.0344	0.028	0.222	0.436	26.9840	1.30	1.45	1.41	1.35	1.38	0.0371	1.3589	1.3960	1.4331	0.403	0.137	
253	2%	90	0.0015	0.0161	0.0917	0.02	2Y3	0.0344	0.0276	0.2224	0.44	26.8145	1.37	1.41	1.34	1.32	1.4	0.0383	1.3207	1.3680	1.4063	0.273	0.168	
254	2%	90	0.0015	0.0151	0.0947	0.02	1,2Y3	0.0344	0.0237	0.2263	0.445	26.9551	1.55	1.54	1.51	1.48	1.56	0.0327	1.4953	1.5280	1.5607	0.31	0.134	
258	2%	80	0.001333333			0.03	3	0.0318															NO SE GENERA ENERGÍA	
259	2%	80	0.001333333			0.03	1Y3	0.0318															NO SE GENERA ENERGÍA	
260	2%	80	0.001333333			0.03	2Y3	0.0318															NO SE GENERA ENERGÍA	
261	2%	80	0.001333333			0.03	1,2Y3	0.0318															NO SE GENERA ENERGÍA	
265	2%	80	0.001333333	0.0161	0.0764	0.02	3	0.0318	0.0252	0.2248	0.446	26.7497	1	0.97	1.01	1.05	1.07	0.0400	0.9800	1.0200	1.0600	0.504	0.143	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
266	2%	80	0.001333333	0.015	0.0808	0.02	1Y3	0.0318	0.0254	0.2246	0.47	25.5418	0.98	1.01	0.95	0.89	1.03	0.0550	0.9170	0.9720	1.0270	0.408	0.132	
267	2%	80	0.001333333	0.015	0.0831	0.02	2Y3	0.0318	0.0243	0.2257	0.462	26.0368	1.22	1.34	1.17	1.25	1.25	0.0356	1.1764	1.2120	1.2476	0.345	0.101	
268	2%	80	0.001333333	0.015	0.0801	0.02	1,2Y3	0.0318	0.0268	0.2232	0.468	25.4976	1.02	1.05	1.07	0.99	1.09	0.0397	1.0043	1.0440	1.0837	0.279	0.156	
272	2%	70	0.001166667			0.03	3	0.0291															NO SE GENERA ENERGÍA	
273	2%	70	0.001166667			0.03	1Y3	0.0291															NO SE GENERA ENERGÍA	
274	2%	70	0.001166667			0.03	2Y3	0.0291															NO SE GENERA ENERGÍA	
275	2%	70	0.001166667			0.03	1,2Y3	0.0291															EL RESALTO CON TURBINA LLEGA A LA COMPUERTA	
281	2%	70	0.001166667			0.02	2Y3	0.0291															NO SE GENERA ENERGÍA	
282	2%	70	0.001166667			0.02	1,2Y3	0.0291															NO SE GENERA ENERGÍA	
286	2%	60	0.001			0.02	3	0.0263															NO SE GENERA ENERGÍA	
289	2%	60	0.001			0.01	1Y3	0.0263															NO SE GENERA ENERGÍA	
290	2%	60	0.001			0.01	2Y3	0.0263															NO SE GENERA ENERGÍA	
291	2%	60	0.001			0.01	1,2Y3	0.0263															EL RESALTO CON TURBINA LLEGA A LA COMPUERTA	
297	2%	50	0.000833333			0.01	2	0.0233															NO SE GENERA ENERGÍA	
298	2%	50	0.000833333			0.01	3	0.0233															NO SE GENERA ENERGÍA	
299	2%	50	0.000833333			0.01	1Y3	0.0233															NO SE GENERA ENERGÍA	
300	2%	50	0.000833333			0.01	2Y3	0.0233															NO SE GENERA ENERGÍA	
301	2%	50	0.000833333			0.01	1,2Y3	0.0233															NO SE GENERA ENERGÍA	
315	3%	130	0.002166667	0.0218	0.1101	0.03	1Y3	0.0440	0.0275	0.2225	0.427	27.5230	2.50	2.4	2.38	2.5	2.41	0.0879	2.3681	2.4560	2.5430	0.351	0.154	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
316	3%	130	0.002166667	0.0228	0.1158	0.03	2Y3	0.0440	0.029	0.221	0.434	26.9659	2.3	2.28	2.14	2.19	2.22	0.0654	2.1606	2.2260	2.2914	0.312	0.134	
317	3%	130	0.002166667	0.021	0.1198	0.03	1,2Y3	0.0440	0.03	0.22	0.436	26.7749	2.15	2.2	2.13	2.22	2.19	0.0370	2.1410	2.1780	2.2150	0.262	0.169	
322	3%	120	0.002	0.0214	0.099	0.03	3	0.0417	0.026	0.214	0.442	25.8345	2.04	2.11	1.99	2.03	2.06	0.0482	2.0038	2.0520	2.1002	0.37	0.126	
323	3%	120	0.002	0.0208	0.1062	0.03	1Y3	0.0417	0.0274	0.2226	0.446	26.5239	2.19	2.34	2.2	2.17	2.15	0.0339	2.1561	2.1900	2.2230	0.314	0.11	
324	3%	120	0.002	0.0215	0.1128	0.03	2Y3	0.0417	0.03	0.22	0.435	26.8279	1.93	1.96	2.01	1.91	2.02	0.0483	1.9177	1.9660	2.0143	0.352	0.125	
325	3%	120	0.002	0.0207	0.1151	0.03	1,2Y3	0.0417	0.029	0.221	0.447	26.3081	1.94	1.99	2.02	1.95	1.91	0.0432	1.9188	1.9620	2.0052	0.287	0.144	
329	3%	110	0.001833333	0.021	0.0968	0.03	3	0.0393	0.0250	0.2201	0.444	26.3686	1.87	1.85	1.79	1.8	1.89	0.0436	1.7964	1.8400	1.8836	0.429	0.119	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
330	3%	110	0.001833333	0.0207	0.1008	0.03	1Y3	0.0393	0.029	0.221	0.442	26.5651	1.8	1.73	1.76	1.79	1.75	0.0288	1.7372	1.7660	1.7948	0.292	0.104	
331	3%	110	0.001833333	0.02	0.1048	0.03	2Y3	0.0393	0.029	0.221	0.443	26.5133	1.62	1.57	1.54	1.61	1.52	0.0432	1.5288	1.5720	1.6152	0.336	0.122	
332	3%	110	0.001833333	0.0197	0.1048	0.03	1,2Y3	0.0393	0.0272	0.2228	0.445	26.5959	1.55	1.51	1.49	1.6	1.57	0.0445	1.4995	1.5440	1.5885	0.315	0.122	
338	3%	100	0.001666667	0.0184	0.0925	0.02	3	0.0369	0.0275	0.2225	0.447	26.4624	1.49	1.54	1.56	1.58	1.63	0.0515	1.5085	1.5600	1.6115	0.337	0.123	
339	3%	100	0.001666667	0.0178	0.1012	0.02	1Y3	0.0369	0.0273	0.2227	0.44	26.8456	1.76	1.81	1.75	1.79	1.84	0.0367	1.7533	1.7900	1.8267	0.283	0.128	
340	3%	100	0.001666667	0.0176	0.1043	0.02	2Y3	0.0369	0.0280	0.2211	0.425	27.4850	1.51	1.48	1.43	1.47	1.54	0.0416	1.4444	1.4860	1.5276	0.328	0.161	
341	3%	100	0.001666667	0.0165	0.1052	0.02	1,2Y3	0.0369	0.0278	0.2222	0.43	27.3274	1.58	1.56	1.52	1.62	1.65	0.0508	1.5352	1.5860	1.6368	0.341	0.145	
346	3%	90	0.0015	0.0173	0.0931	0.02	3	0.0344	0.0291	0.2209	0.426	27.2992	1.1	1.18	1.2	1.11	1.22	0.0540	1.1080	1.1620	1.2160	0.312	0.127	EL RESALTO CON TURBINA LLEGAN A LA COMPUERTA
347	3%	90	0.0015	0.011	0.0941	0.02	1Y3	0.0344	0.027	0.223	0.427	27.5757	1.25	1.29	1.19	1.15	1.23	0.0540	1.1680	1.2220	1.2760	0.17	0.105	
348	3%	90	0.0015	0.0168	0.0961	0.02	2Y3	0.0344	0.0260	0.2231	0.427	27.5863	1.15	1.13	1.07	1.09	1.11	0.0316	1.0784	1.1100	1.1416	0.215	0.148	
349	3%	90	0.0015	0.0157	0.0941	0.02	1,2Y3	0.0344	0.0275	0.2225	0.433	27.1967	1.14	1.11	1.18	1.2	1.22	0.0447	1.1253	1.1700	1.2147	0.222	0.135	
354	3%	80	0.001333333	0.0166	0.0894	0.02	3	0.0318	0.0277	0.2223	0.456	25.9802	0.9	0.93	0.87	0.97	1	0.0522	0.8818	0.9340	0.9862	0.413	0.144	
355	3%	80	0.001333333	0.0172	0.0902	0.02	1Y3	0.0318	0.0272	0.2228	0.426	27.6098	0.82	0.79	0.80	0.84	0.91	0.0495	0.8005	0.8500	0.8995	0.277	0.122	
356	3%	80	0.001333333	0.0169	0.0895	0.02	2Y3	0.0318	0.0258	0.2242	0.425	27.8130	0.73	0.8	0.69	0.71	0.87	0.0500	0.8700	0.9200	0.9700	0.351	0.131	
357	3%	80	0.001333333																					

ANEXO O. FORMATOS LABORATORIO

PLAN DE TRABAJO Y PRACTICAS DE LABORATORIO "IMPLEMENTACION DE UNA TURBINA ELECTRICA EN EL RESALTO HIDRAULICO PARA LA GENERACION DE ENERGIA EN CANALES RECTANGULARES"

De conformidad con el acuerdo de ejecución y aprobación de las practicas libres para el desarrollo del proyecto "Implementación de una turbina eléctrica en el resalto hidráulico para la generación de energía en canales rectangulares" se presentara un plan de trabajo de laboratorio en el que se incluirá el desarrollo de cada sesión de práctica.

PROGRAMA DE ACTIVIDADES Y PLAN DE TRABAJO				
Fecha (dd/mm/AA)	HORARIO		ENSAYO A REALIZAR	ACTIVIDAD
	Hora inicio (HH:MM)	Hora fin (HH:MM)		
(20/08/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 1 a 7 con variación de pendiente de 1° a 3°
(22/08/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 8 a 15 variación de pendiente de 1° a 3°
(23/08/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 16 a 23 variación de pendiente de 1° a 3°
(24/08/19)	(10:00)	(12:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 24 a 31 variación de pendiente de 1° a 3°
(27/08/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 32 a 39 variación de pendiente de 1° a 3°
(29/08/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 40 a 47 variación de pendiente de 1° a 3°
(30/08/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 48 a 55 variación de pendiente de 1° a 3°
(31/08/19)	(10:00)	(12:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 56 a 63 variación de pendiente de 1° a 3°
(03/09/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 64 a 71 variación de pendiente de 1° a 3°
(05/09/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 72 a 79 variación de pendiente de 1° a 3°
(06/09/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 80 a 87 variación de pendiente de 1° a 3°
(07/09/19)	(10:00)	(12:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 88 a 95 variación de pendiente de 1° a 3°

(10/09/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 96 a 103 variación de pendiente de 1° a 3°
(12/09/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 104 a 111 variación de pendiente de 1° a 3°
(13/09/19)	(14:00)	(16:00)	Resalto hidráulico	Medición de resalto hidráulico con caudales de 112 a 120 variación de pendiente de 1° a 3°

Observaciones Generales:

En cada practica libre se quiere variar diferentes caudales con diferentes pendientes, dado que cada una de las mediciones tienen un bajo rendimiento en conjunto con nuestro asesor se programaron las prácticas como se mostró anteriormente.

Teniendo en cuenta a la recomendación de hacer cambio en la práctica del 27 de agosto de 14:00 a 16:00, y verificando en el cronograma del laboratorio se observa que la práctica programada es en el laboratorio de plantas, por lo cual no interfiere con el cronograma de nuestras prácticas, si por alguna razón por disponibilidad del laboratorista el asesor nos hará acompañamiento en esta práctica.

Lo anterior teniendo en cuenta la cantidad de prácticas y no podemos perder ninguna practica debido a la complejidad del calendario del laboratorio y de entrega de nuestros proyectos.

FIRMAS

Jenny Barrero
solicitante 1
Jenny Marcela Barrero Feria

Alejandro Sarmiento
solicitante 2
David Alejandro Sarmiento Caviedes

Henry Alberto Córdoba Romero
Tutor encargado
Henry Alberto Córdoba Romero

Lucía Rodríguez
Coordinador de laboratorios
Lucía Rodríguez

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIOS	FORMATO DE SOLICITUD Y PROGRAMACIÓN DE TIEMPO DE LABORATORIO DEDICADO A PRÁCTICA NO ASISTIDA (LIBRE)	F 053 LI 103 02
--	---	-----------------

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO: Implementación de una turbina eléctrica en el resalto hidráulico para la generación de energía en canales rectangulares.

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:			
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL	TELÉFONO
503992	David Alejandro Sarmiento Cavedes	dasarmiento92@Uca...	3024604162
505065	Jenny Marcela Barrera Feria	jbarrera65@Uca...	3046410574

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:									
ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO ⁽²⁾ (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO	
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽¹⁾ (HH:MM)	HORA FIN ⁽¹⁾ (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽¹⁾ (HH:MM)	HORA FIN ⁽¹⁾ (HH:MM)			
1	15/08/19	14:00	16:00	16/08/19	14:00	16:00	E	Colaboración canal.	
2									
3									
4									
5									

(1) Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.
(2) A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES/EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:		OBSERVACIONES
			LAB	USU	
Canal		1		X	
Bomba		1		X	

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS

Jenny Barrera SOLICITANTE 1 Alejandro Sarmiento C. SOLICITANTE 2 _____ SOLICITANTE 3
 _____ SOLICITANTE 4 _____ SOLICITANTE 5
 _____ DOCENTE / TUTOR ENCARGADO _____ COORDINADOR DE LABORATORIOS
 Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a labscivil@ucatolica.edu.co

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIOS	FORMATO DE SOLICITUD Y PROGRAMACIÓN DE TIEMPO DE LABORATORIO DEDICADO A PRÁCTICA NO ASISTIDA (LIBRE)	F 053 LI 103 02
--	---	-----------------

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO: Implementación de una turbina eléctrica en el resalto hidráulico para la generación de energía en canales rectangulares.

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:			
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL	TELÉFONO
503992	David Alejandro Sarmiento Cavedes	dasarmiento92@Uca...	3024604162
505065	Jenny Marcela Barrera Feria	jbarrera65@Uca...	3046410574

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:									
ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO ⁽²⁾ (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO	
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽¹⁾ (HH:MM)	HORA FIN ⁽¹⁾ (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽¹⁾ (HH:MM)	HORA FIN ⁽¹⁾ (HH:MM)			
1	16/08/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	
2	22/08/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	
3	23/08/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	
4	24/08/19	10:00	12:00				E	Resalto hidráulico	
5	27/08/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	

(1) Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.
(2) A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES/EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:		OBSERVACIONES
			LAB	USU	
Canal		1		X	
Bomba		1		X	

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS

Jenny Barrera SOLICITANTE 1 Alejandro Sarmiento SOLICITANTE 2 _____ SOLICITANTE 3
 _____ SOLICITANTE 4 _____ SOLICITANTE 5
 _____ DOCENTE / TUTOR ENCARGADO _____ COORDINADOR DE LABORATORIOS
 Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a labscivil@ucatolica.edu.co

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIOS	FORMATO DE SOLICITUD Y PROGRAMACIÓN DE TIEMPO DE LABORATORIO DEDICADO A PRÁCTICA NO ASISTIDA (LIBRE)	F 053 LI 103 02
--	---	-----------------

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO: Implementación de una turbina eléctrica en el resalto hidráulico para la generación de energía en canales rectangulares

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:			
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
503992	David Alejandro Sarmiento Coviades	dasarmiento92@Uca...	3024604162
505065	Jenny Marcela Barrera Feria	jimbarrera65@Uca...	3046410574

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:									
ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO ⁽¹⁾ (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO	
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽²⁾ (HH:MM)	HORA FIN ⁽²⁾ (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽²⁾ (HH:MM)	HORA FIN ⁽²⁾ (HH:MM)			
1	29/08/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	
2	30/08/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	
3	31/08/19	10:00	12:00				E	Resalto hidráulico	
4	31/08/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	
5	01/09/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	

⁽¹⁾ Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.

⁽²⁾ A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES/EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:		OBSERVACIONES
			LAB	USU	
Canal		1		X	
Bomba		1		X	

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS

Jenny Barrera SOLICITANTE 1 Alejandro Sarmiento SOLICITANTE 2 _____ SOLICITANTE 3
 _____ SOLICITANTE 4 _____ SOLICITANTE 5

[Firma] COORDINADOR DE LABORATORIOS
 Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a labscivil@ucatolica.edu.co

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIOS	FORMATO DE SOLICITUD Y PROGRAMACIÓN DE TIEMPO DE LABORATORIO DEDICADO A PRÁCTICA NO ASISTIDA (LIBRE)	F 053 LI 103 02
--	---	-----------------

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO: Implementación de una turbina eléctrica en el resalto hidráulico para la generación de energía en canales rectangulares.

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:			
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
503992	David Alejandro Sarmiento Coviades	dasarmiento92@Uca...	3024604162
505065	Jenny Marcela Barrera Feria	jimbarrera65@Uca...	3046410574

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:									
ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO ⁽¹⁾ (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO	
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽²⁾ (HH:MM)	HORA FIN ⁽²⁾ (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽²⁾ (HH:MM)	HORA FIN ⁽²⁾ (HH:MM)			
1	05/09/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	
2	06/09/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	
3	07/09/19	10:00	12:00				E	Resalto hidráulico	
4	12/09/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	
5	13/09/19	14:00	16:00				E	Resalto hidráulico	

⁽¹⁾ Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.

⁽²⁾ A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES/EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:		OBSERVACIONES
			LAB	USU	
Canal		1		X	
Bomba		1		X	

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS

Jenny Barrera SOLICITANTE 1 Alejandro Sarmiento SOLICITANTE 2 _____ SOLICITANTE 3
 _____ SOLICITANTE 4 _____ SOLICITANTE 5

[Firma] COORDINADOR DE LABORATORIOS
 Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a labscivil@ucatolica.edu.co

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIOS	FORMATO DE SOLICITUD Y PROGRAMACIÓN DE TIEMPO DE LABORATORIO DEDICADO A PRÁCTICA NO ASISTIDA (LIBRE)	F 053 LI 103 02
---	---	-----------------

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO: Implementación de una turbina eléctrica en el resalto hidráulico para generación de energía en canales rectangulares

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:			
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
503992	David Alejandro Samiengo C	dasamiengo92	302 160 1162
505065	Jenny Marcela Borrero F	jmborrero65	3046410571

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:								
ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO ⁽¹⁾ (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽²⁾ (HH-MM)	HORA FIN ⁽²⁾ (HH-MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽²⁾ (HH-MM)	HORA FIN ⁽²⁾ (HH-MM)		
1	9 / 10 / 19	11 : 00	13 : 00				E	
2	9 / 10 / 19	16 : 00	20 : 00				E	
3	10 / 10 / 19	11 : 00	13 : 00				E	
4	10 / 10 / 19	16 : 00	18 : 00				E	
5	11 / 10 / 19	11 : 00	13 : 00				E	

⁽¹⁾ Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.
⁽²⁾ A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES/EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:		OBSERVACIONES
			LAB	USU	
Canal laboratorio E		1		X	
Bomba		1		X	

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS


 SOLICITANTE 1
 Jenny Borrero Faria
 SOLICITANTE 2
 SOLICITANTE 3
 SOLICITANTE 4
 SOLICITANTE 5
 DOCENTE / TUTOR ENCARGADO
 COORDINADOR DE LABORATORIOS

Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a labshiv@ucatolica.edu.co

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIOS	FORMATO DE SOLICITUD Y PROGRAMACIÓN DE TIEMPO DE LABORATORIO DEDICADO A PRÁCTICA NO ASISTIDA (LIBRE)	F 053 LI 103 02
---	---	-----------------

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO: Implementación de una turbina eléctrica en el resalto hidráulico para generación de energía en canales rectangulares

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:			
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
503992	David Alejandro Samiengo C	dasamiengo92	302 160 1162
505062	Jenny Marcela Borrero F	jmborrero62	3046410571

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:								
ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO ⁽¹⁾ (A-B-C-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽²⁾ (HH-MM)	HORA FIN ⁽²⁾ (HH-MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ⁽²⁾ (HH-MM)	HORA FIN ⁽²⁾ (HH-MM)		
1	16/10/19	8:00	8:00				E	resalto hidráulico
2	16/10/19	14:00	16:00				E	resalto hidráulico
3	16/10/19	16:00	18:00				E	resalto hidráulico
4	17/10/19	8:00	13:00					
5								

⁽¹⁾ Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.
⁽²⁾ A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES/EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:		OBSERVACIONES
			LAB	USU	
Canal laboratorio E		1		X	
Bomba		1		X	

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS


 SOLICITANTE 1
 Jenny Borrero Faria
 SOLICITANTE 2
 SOLICITANTE 3
 SOLICITANTE 4
 SOLICITANTE 5
 DOCENTE / TUTOR ENCARGADO
 COORDINADOR DE LABORATORIOS

Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a labshiv@ucatolica.edu.co

 UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIOS	FORMATO DE SOLICITUD Y PROGRAMACIÓN DE TIEMPO DE LABORATORIO DEDICADO A PRÁCTICA NO ASISTIDA (LIBRE)	F 053 LI 103 02
--	---	-----------------

NOMBRE DE LA ASIGNATURA/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN/SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO DE GRADO QUE SUSTENTA LA SOLICITUD DE TIEMPO DE LABORATORIO: Implementación de una turbina eléctrica en el resalto hidráulico para generación de energía en canales rectangulares.

IDENTIFICACIÓN DE LOS SOLICITANTES DE TIEMPO DE LABORATORIO:			
CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	E-MAIL @ucatolica.edu.co	TELÉFONO
503992	David Alejandro Sarmiento C	dasarmiento 92	3024600162
505062	Jenny Marcela Borrero F	jmborrero 62	3046410571

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDAD(ES) POR TIEMPO DE LABORATORIO SOLICITADO:								
ID	HORARIO IDEAL			HORARIO OPCIONAL			ESPACIO SOLICITADO ¹⁾ (A-B-C-D-E)	ENSAYO(S) A REALIZAR EN CADA LAPSO
	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ²⁾ (HH:MM)	HORA FIN ²⁾ (HH:MM)	FECHA (dd/mm/AA)	HORA INICIO ²⁾ (HH:MM)	HORA FIN ²⁾ (HH:MM)		
1	11/10/19	14:00	16:00				E	resalto hidráulico
2	12/10/19	9:00	12:00				E	resalto hidráulico
3	15/10/19	9:00	13:00				E	resalto hidráulico
4	15/10/19	14:00	16:00				E	resalto hidráulico
5	15/10/19	16:00	18:00				E	resalto hidráulico

¹⁾ Cada lapso solicitado será máximo de 2 HORAS por día. Por favor, asistir con puntualidad para mayor optimización del tiempo.

²⁾ A) Mecánica de suelos. B) Concretos. C) Mecánica de Sólidos. D) Análisis de agua. E) Hidráulica

MATERIALES/EQUIPOS/ INSUMOS A USAR	UND	CANT	A CARGO:		OBSERVACIONES
			LAB	USU	
Canal laboratorio E		1		X	
Bomba		1		X	

Entiendo que debo diligenciar completamente esta solicitud y que su aprobación me obliga a cumplir a cabalidad con el "Reglamento de los laboratorios" de la FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y a acatar las órdenes que se impartan por parte del personal docente y administrativo. Los elementos de protección personal serán de mi propiedad. También me comprometo con el uso eficiente del horario asignado: asistir, informar la no asistencia (por lo menos con un día hábil de anticipación).

FIRMAS



 SOLICITANTE 1

Jenny Borrero Ferrá

 SOLICITANTE 2

 SOLICITANTE 3

 SOLICITANTE 4

 SOLICITANTE 5

DOCENTE / TUTOR ENCARGADO

COORDINADOR DE LABORATORIOS

Recuerde enviar la imagen del formato totalmente diligenciado a labcivil@ucatolica.edu.co

