

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



*Una Institución Adventista*

**Estimación del caudal a partir de la técnica de velocimetría por imágenes de partículas a gran escala aplicado en flujo a superficie libre**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Bach. Fredy Sandro Rosas Flores  
Bach. Shirley Pamela Tejeda Flores

**Asesor:**

Ing. Ferrer Canaza Rojas

Lima, diciembre 2020

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Ing. Ferrer Canaza Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“ESTIMACIÓN DEL CAUDAL A PARTIR DE LA TÉCNICA DE VELOCÍMETRIA POR IMÁGENES DE PARTÍCULAS A GRAN ESCALA APLICADO EN FLUJO A SUPERFICIE LIBRE”** constituye la memoria que presenta los Bachilleres Fredy Sandro Rosas Flores y Shirley Pamela Tejeda Flores para aspirar al título profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en LIMA, a los 21, diciembre del 2020.



Ing. Ferrer Canaza Rojas

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los 21 días día(s) del mes de diciembre del año 2020 siendo las 9:00 horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Ing. Reymundo Jaulis Palomino**, el secretario: **Ing. David Díaz Garamendi**... y los demás miembros: **Mg. Leonel Chahuarez Paucar**.... y el asesor **Ing. Ferrer Canaza Rojas**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Estimación del caudal a partir de la técnica de velocimetría por imágenes de partículas a gran escala aplicado en flujo a superficie libre"

.....de las bachiller/es: a)..... **FREDY SANDRO ROSAS FLORES**.....

.....b)..... **SHIRLEY PAMELA TEJEDA FLORES**.....

Conducente a la obtención del título profesional de.....

..... **INGENIERO CIVIL**.....

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a las candidatas hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por las candidatas. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **FREDY SANDRO ROSAS FLORES** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

Candidato (b): ..... **SHIRLEY PAMELA TEJEDA FLORES** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a las candidatas a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente  
Ing. Reymundo  
Jaulis Palomino

  
\_\_\_\_\_  
Secretario  
Ing. David Díaz  
Garamendi

\_\_\_\_\_  
Asesor  
Ing. Ferrer Canaza  
Rojas

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Mg. Leonel  
Chahuarez Paucar

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)  
Fredy Sandro  
Rosas Flores

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)  
Shirley Pamela  
Tejeda Flores

## DEDICATORIA

Con mucho aprecio a Dios, por haberme guiado por el buen camino, a mis padres, hermanos, esposa e hijo por su apoyo incondicional y motivación y finalmente a mi asesor por haber dado parte de su tiempo para el término de esta tesis.

Fredy

Dedico esta investigación a Dios, por brindarme sabiduría y salud, a mis padres, esposo e hijo por su apoyo incondicional y motivación y finalmente a mi asesor por ayudarnos en este proceso desarrollado.

Shirley

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres: Fredy Meliton Rosas Ccoa y Valentina Flores Maqqe por su apoyo incondicional, consejos y palabras de aliento para seguir adelante.

A mi centro de estudios: Universidad Peruana Unión, por haber sido lugar donde me he formado académicamente.

A mis queridos profesores: En especial a mi mentor Ferrer Canaza Rojas por haber compartido parte de su experiencia de vida hacia mi persona y darme buenos consejos.

Al programa de Becas Y Créditos (Pronabec), que me ha dado la oportunidad de estudiar una carrera profesional.

A mis amigos y compañeros de BECA 18, por su apoyo y estar en los momentos más importantes de mi vida.

*Fredy*

A mis padres: Samuel Tejeda Quincho y Inés Flores Lorenzo por su apoyo incondicional por sus consejos y palabras de aliento para seguir adelante.

A mi esposo e hijo: Fredy Sandro Rosas Flores y Benjamín Vector Rosas Tejeda por la ayuda incondicional.

Al programa de Becas Y Créditos (Pronabec), que me ha dado la oportunidad de estudiar una carrera profesional.

A mi amigos y compañeros de BECA 18, gracias por su apoyo.

*Shirley*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. DESARROLLO .....</b>	<b>6</b>
2.1. Técnica experimental no intrusiva de velocimetría por imágenes de partículas .....	6
2.2. Velocimetría por imágenes de partículas a gran escala .....	6
2.3. Componentes del sistema LSPIV .....	6
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>7</b>
3.1. Estudio de Campo.....	8
3.2. Extracción de Imagen .....	10
3.3. Procesamiento de imágenes .....	10
3.4. Cálculo del caudal.....	10
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>11</b>
4.1. Área del Canal.....	11
4.2. Velocidad Superficial del flujo .....	11
4.3. Estimación del Caudal .....	14
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>15</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>15</b>

# **ESTIMACION DEL CAUDAL A PARTIR DE LA TÉCNICA DE VELOCÍMETRIA POR IMÁGENES DE PARTÍCULAS A GRAN ESCALA APLICADO EN FLUJO A SUPERFICIE LIBRE**

## **ESTIMATE OF FLOW FROM VELOCYMETRIA TECHNIQUE BY LARGE-SCALE PARTICLE IMAGING APPLIED IN FREE-SURFACE FLOW**

### **RESUMEN**

La medición del caudal siempre ha sido una de las preocupaciones más importantes de los expertos en la hidrología. Las técnicas no intrusivas basadas en imágenes como la velocimetría por imágenes de partículas a gran escala (LSPIV), ofrecen la oportunidad de medir la velocidad en condiciones hidrológicas de crecidas o estiaje. Este estudio tiene como objetivo estimar el caudal a partir de la técnica de velocimetría por imágenes de partículas a gran escala (LSPIV) en flujo a superficie libre. El trabajo consistió en la grabación de videos en tres campañas, luego estas fueron extraídas y procesadas para el cálculo de la velocidad superficial media y finalmente la estimación del caudal, utilizando softwares de código abierto RIVeR y PIVlab. Se obtuvieron perfiles de velocidad para diferentes tipos de trazadores y alturas; los flujos con trazadores de espuma presentaron adecuados perfiles de velocidad, los flujos con trazadores de poli estireno fueron adecuados solo a 2,00m de altura y los flujos sin trazadores presentaron perfiles adecuadas solo a 1,50m, el producto de la velocidad superficial media, área y coeficiente de velocidad media da como resultados caudales para cada caso estudiados. En conclusión, los trazadores de espuma de jabón líquido presentó mayores caudales, debido a la adecuada definición de la curva de perfil de velocidad y las mayores magnitudes de vectores de velocidad. Por lo tanto, la técnica LSPIV mostró ser sencilla, adaptable y asequible para conocer velocidades y caudales del flujo.

*Palabras clave: técnica LSPIV; medición hidrológica; hidrodinámica.*