

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN OBRAS HIDRÁULICAS Y SANITARIAS



**“MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS CON
DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL”**

BALDIVIEZO VILLENA DANIEL ROLANDO

CIV 502 - PROYECTO DE INGENIERIA CIVIL II

SEMESTRE 1 – 2021

TARIJA-BOLIVIA

Con suma alegría, este trabajo va
dedicado a mi madre, principal
impulsora de quien soy como persona.

Índice de contenido

1. CAPÍTULO I.....	1
1.1. Antecedentes de la investigación	1
1.2. Planteamiento del problema	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Hipótesis.....	5
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos	5
1.6. Metodología de la investigación	6
1.6.1. Tipo y enfoque de investigación	6
1.6.2. Materiales.....	6
1.6.3. Métodos y técnicas de investigación	6
1.6.4. Operacionalización de variables	7
1.6.5. Recolección de información.	7
2. CAPÍTULO II.....	8
2.1. Mecánica de fluidos	8
2.1.1. Obras hidráulicas	8
2.2. Modelado 3D.....	15
2.2.1. Tipos de modelado.....	15
2.2.2. Representación de los modelos.....	16
2.2.3. Solidworks como software de modelado	16
2.3. Dinámica de fluidos computacional (CFD)	17
2.3.1. Modelos físicos y modelos numéricos.....	21
2.3.2. Leyes y ecuaciones en CFD.....	21
2.3.3. Ecuaciones de Navier-Stokes.....	22
2.3.4. Metodología para aplicar CFD	26
2.3.5. Métodos de discretización	26

2.3.6.	Modelo de turbulencia	30
2.3.7.	Solidworks Flow Simulation	30
3.	CAPÍTULO III	32
3.1.	Recopilación de información	32
3.2.	Elección del software de trabajo	32
3.3.	Trabajo de gabinete	33
3.3.1.	Modelo en 3D	33
3.3.2.	Formación de ensamblaje	40
3.4.	Simulación en Solidworks.....	41
3.4.1.	Crear un nuevo proyecto.....	41
3.4.2.	Dominio computacional.....	43
3.4.3.	Condiciones de contorno	44
3.4.4.	Goals	48
3.4.5.	Malla computacional.....	50
4.	CAPÍTULO IV	53
4.1.	Resultados con geometría de diseño	53
4.1.1.	Entrada	53
4.1.2.	Escalera de peces	58
4.1.3.	Bocatoma	62
4.2.	Estudio de variantes en la obra.....	65
4.2.1.	Modificación en escalera de peces.....	65
4.2.2.	Reporte de modificación.....	74
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
	Bibliografía:	83

Nómina de anexos

- Anexo I. Planos As built obra de toma Proyecto Guadalquivir – CENAVIT - Calamuchita
- Anexo II. Reporte fotográfico
- Anexo III. Datos técnicos de diseño
- Anexo IV. Modelo tridimensional creado en Autocad
- Anexo V. Modelo tridimensional creado en Solidworks
- Anexo VI. Planos de alternativas
- Anexo VII. Guía de simulación en Solidworks bajo condiciones de flujo libre

Índice de figuras

Ilustración 1-1. Evolución histórica de la potencia de cálculo de los supercomputadores	2
Ilustración 2-1. Ubicación óptima y elementos de una presa derivadora	9
Ilustración 2-2. Sección transversal toma tirolesa	10
Ilustración 2-3. Escalera de peces, caída escalonada con vertederos	12
Ilustración 2-4. Escalera de peces, caída escalonada con vertederos y orificios	13
Ilustración 2-5. Estudio con modelo numérico en escalera de peces.....	13
Ilustración 2-6. Eficacia de ubicación de escaleras de peces en la sección transversal.....	14
Ilustración 2-7. Ecuación de transporte	19
Ilustración 2-8. Diagrama de flujo de una aplicación CFD	20
Ilustración 2-9. Simulación de un salto hidráulico	21
Ilustración 2-10. Simplificación de datos de velocidad	25
Ilustración 2-11. Nodos y elementos en una malla	27
Ilustración 2-12. Ecuación de Navier-Stokes.....	29
Ilustración 2-13. Visualización flujo en turbina	31
Ilustración 2-14. Simulaciones de flujo abierto.	31
Ilustración 3-1. Modelo en estructura alámbrica en AutoCad	34
Ilustración 3-2. Modelo sólido en AutoCad.....	34
Ilustración 3-3. Vertedero, Sección transversal 0+004	36
Ilustración 3-4. Vertedero, Sección transversal 0+011	36
Ilustración 3-5. Vertedero, Sección transversal 0+014	36
Ilustración 3-6. Vertedero, Sección transversal 0+019.5	37
Ilustración 3-7. Vertedero, Sección transversal 0+028	37
Ilustración 3-8. Vertedero, Sección transversal 0+040	38
Ilustración 3-9. Nivel de vertedero y obra de toma	38
Ilustración 3-10. Cuerpo bocatoma.....	39
Ilustración 3-11. Vista lateral escalera de peces	39
Ilustración 3-12. Vista en planta escalera de peces.....	40

Ilustración 3-13. Condiciones de Tipo de Análisis	41
Ilustración 3-14. Herramienta Check Geometry	42
Ilustración 3-15. Condiciones por Tipo de fluido	43
Ilustración 3-16. Dominio computacional	43
Ilustración 3-17. Herramienta Boundary Conditions.....	44
Ilustración 3-18. Herramienta Condiciones de contorno	45
Ilustración 3-19. Parámetros de condiciones de contorno	46
Ilustración 3-20. Pressure openings	47
Ilustración 3-21. Type Wall, condiciones de pared	48
Ilustración 3-22. Partes de una malla	51
Ilustración 3-23. Convergencia en refinamiento de mallas.....	52
Ilustración 3-24. Refinamiento de malla.....	52
Ilustración 4-1. Entrada del flujo a la obra hidráulica	53
Ilustración 4-2. Escala de color para velocidad	54
Ilustración 4-3. Velocidad de entrada en superficies de control $Q=2000\text{m}^3/\text{s}$	54
Ilustración 4-4. Velocidad de entrada en superficies de control $Q=1000\text{m}^3/\text{s}$	55
Ilustración 4-5. Velocidad de entrada en superficies de control $Q=500\text{m}^3/\text{s}$	55
Ilustración 4-6. Sección transversal cresta del vertedero.....	55
Ilustración 4-7. Entrada a la escalera de peces	56
Ilustración 4-8. Entrada a bocatoma	57
Ilustración 4-9. Trayectorias de flujo escalera de peces	58
Ilustración 4-10. Velocidad en secciones de control $Q=2000\text{m}^3/\text{s}$	59
Ilustración 4-11. Vectores de velocidad en sección longitudinal	59
Ilustración 4-12. Presión en escalera de peces.....	60
Ilustración 4-13. Esfuerzo cortante en la superficie.....	60
Ilustración 4-14. Velocidad en secciones de control $Q=1000\text{m}^3/\text{s}$	61
Ilustración 4-15. Velocidad en secciones de control $Q=500\text{m}^3/\text{s}$	62
Ilustración 4-16. Trayectorias de flujo bocatoma	62
Ilustración 4-17. Vista secciones de muestra de velocidad.....	63
Ilustración 4-18. Vectores de velocidad en punto crítico	63
Ilustración 4-19. Presión en la bocatoma.....	64

Ilustración 4-20. Esfuerzo cortante en la bocatoma.....	65
Ilustración 4-21. Trayectorias de flujo con abertura total.....	67
Ilustración 4-22. Velocidad en secciones.....	67
Ilustración 4-23. Presión en superficies	68
Ilustración 4-24. Esfuerzo cortante en superficies	68
Ilustración 4-25. Trayectorias de flujo en modificación 2	69
Ilustración 4-26. Velocidad en secciones de muestra, modificación 2	69
Ilustración 4-27. Vista en planta de velocidad, modificación 2.....	70
Ilustración 4-28. Presión en superficies, modificación 2	70
Ilustración 4-29. Esfuerzo cortante en superficies, modificación 2.....	71
Ilustración 4-30. Trayectorias de flujo en escalera de peces, modificación 3	72
Ilustración 4-31. Diagrama de velocidad en sección, modificación 3	72
Ilustración 4-32. Vista en planta de velocidad, modificación 3.....	73
Ilustración 4-33. Presión en superficie, modificación 3	73
Ilustración 4-34. Esfuerzo cortante en superficies, modificación 3.....	73
Ilustración 4-35. Reporte de solver, diseño original	74
Ilustración 4-36. Modificación 1, sección abierta.....	75
Ilustración 4-37. Modificación 2, sección parcialmente abierta	75
Ilustración 4-38. Modificación 3, bordes redondeados.....	76
Ilustración 4-39. Velocidades máximas en diseño original	78
Ilustración 4-40. Comparación efecto de borde redondeado	79