



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS PARA UN MAYOR APROVECHAMIENTO DE
SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGÍAS RENOVABLES QUE INCLUYEN TURBINAS
HIDROCINÉTICAS EN CIUDADES ATRAVESADAS POR RÍOS.**

CASO CUENCA-ECUADOR

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: KEVIN ADRIÁN MATUTE ARIAS

DIRECTOR: ING. DANIEL ICAZA ÁLVAREZ M_sC.

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS PARA UN MAYOR
APROVECHAMIENTO DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGÍAS
RENOVABLES QUE INCLUYEN TURBINAS HIDROCINÉTICAS EN
CIUDADES ATRAVESADAS POR RÍOS. CASO CUENCA-ECUADOR**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: KEVIN ADRIÁN MATUTE ARIAS

DIRECTOR: ING. DANIEL ICAZA ÁLVAREZ MsC.

CUENCA – ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Kevin Adrián Matute Arias portador de la cédula de ciudadanía N° 0106066632. Declaro ser el autor de la obra: "Análisis de estrategias para un mayor aprovechamiento de sistemas híbridos de energías renovables que incluyen turbinas hidrocínéticas en ciudades atravesadas por ríos. Caso Cuenca-Ecuador", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 16 de mayo de 2023

F:

Kevin Adrián Matute Arias

0106066632

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Kevin Adrián Matute Arias, bajo mi supervisión.



Ing. Daniel Icaza Álvarez MsC.

DIRECTOR

DEDICATORIA

Al culminar esta tesis para mi es llegar a cumplir una meta más de la vida, esto no se podría realizar sin la motivación y el apoyo de mis padres que han hecho posible que culmine mis estudios académicos.

A él, mi padre Juan por su esfuerzo y sacrificio, por enseñarme que se lucha por lo que realmente es esencial en la vida.

A ella, mi madre Fernanda que, con su amor, me supo comprender y apoyar en los días más difíciles, por nunca dejarme solo y ser mi confidente.

A mis hermanas Shirley y Emily por ser la inspiración más grande en mi vida, mis abuelitos maternos Jorge y Carmen, abuelitos paternos Eduardo y María, que con su dulzura y carisma fueron mi motor para continuar día a día y a mis tíos por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a esta institución porque siempre me ha brindado su apoyo; así como a todos sus profesores que siempre me han deseado lo mejor durante mi formación académica y de una manera muy especial al Ing. Daniel Icaza por su apoyo incondicional para realizar esta tesis.

A ellos gracias.

RESUMEN

La presente investigación muestra distintas estrategias inteligentes para la mayor participación de energías renovables en ciudades atravesadas por ríos, por ello está enfocada en la ciudad de Cuenca-Ecuador la cual se encuentra atravesada por los ríos Tomebamba, Tarqui, Yanuncay y Machángara. Se identifica ciertas zonas específicas de los ríos de Cuenca para implementar métodos inteligentes que permitan generar energía eléctrica a base de recursos renovables como pequeñas turbinas hidrocinéticas, aerogeneradores y paneles fotovoltaicos sabiendo que son opciones seguras y confiables. Este sistema novedoso se caracteriza por aprovechar los caudales de los ríos para generar energía que abastecerá con iluminación en ciertos puntos claves de las orillas del río que son visitadas a diario por turistas y personas que realizan actividades físicas. Adicionalmente, se evalúa el sistema híbrido identificando los niveles de producción a lo largo de un año y se garantiza el servicio de alumbrado público. Los resultados brindados por esta investigación garantizan la factibilidad de la implementación de ciertos métodos de generación hidroeléctrica, eólica y fotovoltaica en determinados puntos de los ríos de la ciudad de Cuenca.

Palabras clave: sistema híbrido, energía renovable, energía fotovoltaica, energía eólica

ABSTRACT

This research shows different intelligent strategies for greater participation of renewable energies in cities on the bank of rivers; therefore, it is focused on the city of Cuenca-Ecuador —built on the Tomebamba, Tarqui, Yanuncay, and Machángara rivers—. Specific areas of the rivers of Cuenca are identified to implement intelligent methods of electricity generation based on renewable resources, such as small hydrokinetic turbines, wind turbines, and photovoltaic panels, considering these to be safe and reliable options. This innovative system is characterized by exploiting river flows to generate energy that will supply the lighting at specific critical points on the riverbanks —daily visited by tourists and people who do physical activities—. Additionally, the hybrid system is evaluated by identifying the production levels over a year, thus, guaranteeing the public lighting service. This research results guarantee the feasibility of the implementation of specific methods of hydroelectric, wind, and photovoltaic generation in specific points of the rivers of Cuenca.

Keywords: hybrid system, renewable energy, photovoltaic energy, wind energy

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	V
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. TRABAJOS PREVIOS.....	3
1.2. OBJETIVOS	9
1.2.1. Objetivo general	9
1.2.2. Objetivos específicos.....	10
1.3. ALCANCE	10
1.4. JUSTIFICACIÓN	10
1.5. METODOLOGÍA.....	11
CAPÍTULO 2.....	13
2. ENERGÍAS RENOVABLES EN NUESTRO MEDIO	13
2.1. Energías Renovables	13
2.1.1. Energía Hidráulica	15
2.1.2. Energía Solar.....	16
2.1.3. Energía Eólica	16
2.1.4. Energía Geotérmica.....	17
2.1.5. Energía Undimotriz	17
2.1.6. Energía Mareomotriz	17
2.1.7. Energía por Biomasa.....	18
2.2. Energía Solar Fotovoltaica en Ecuador.....	18
2.2.1. Clasificación de Paneles Solares.....	20
2.2.2. Combinación de Paneles Solares.....	22
2.2.3. Determinación del Ángulo de Inclinación.	24
2.3. Energía Hidrocinética en Ecuador	24
2.4. Energía Eólica en Ecuador	26
2.4.1. Tipos de Turbinas de Viento	29
2.5. Baterías	30
2.6. Controlador de Carga	31
2.7. Inversor	32
2.8. Análisis de Caudales de Ríos de la Ciudad de Cuenca	33
2.8.1. Río Tarquí.....	36

2.8.2.	Río Yanuncay	38
2.8.3.	Río Tomebamba.....	40
2.8.4.	Río Machángara	42
2.9.	Análisis de Velocidad de Viento en Ríos de la Ciudad de Cuenca.....	44
2.9.1.	Velocidad de Viento del Río Cuenca	46
2.9.2.	Velocidad de Viento del Río Tarqui.....	47
2.9.3.	Velocidad de Viento del Río Yanuncay	47
2.9.4.	Velocidad de Viento del Río Tomebamba.....	48
2.9.5.	Velocidad de Viento del Río Machángara	48
2.10.	Análisis de Radiación Solar en la Ciudad de Cuenca	48
2.10.1.	Hora de Insolación del Río Cuenca	51
2.10.2.	Hora de Insolación del Río Tarqui.....	51
2.10.3.	Hora de Insolación del Río Yanuncay.....	51
2.10.4.	Hora de Insolación del Río Tomebamba.....	52
2.10.5.	Hora de Insolación del Río Machángara.....	52
2.11.	Análisis de zonas adecuadas para su implementación.....	54
2.11.1.	Río Tomebamba.....	55
2.11.2.	Río Yanuncay	57
2.11.3.	Río Machángara	59
2.11.4.	Río Tarqui.....	61
2.11.5.	Río Cuenca	63
CAPÍTULO 3.....		64
3.	DISEÑO DEL SISTEMA HÍBRIDO.....	64
3.1.	Cálculos de Energía Solar Fotovoltaica	64
3.2.	Cálculos de Energía Eólica.....	65
3.3.	Cálculos de Energía Hidrocinética	67
3.3.1.	Potencial energético por hora del Generador Hidrocinético en el Río Cuenca	67
3.3.2.	Potencial energético por hora del Generador Hidrocinético en el Río Tarqui ..	68
3.3.3.	Potencial energético por hora del Generador Hidrocinético en el Río Yanuncay	68
3.3.4.	Potencial energético por hora del Generador Hidrocinético en el Río Tomebamba	69
3.3.5.	Potencial energético por hora del Generador Hidrocinético en el Río Machángara.....	69
3.4.	Cálculos de Estado de Batería.....	70
3.4.1.	Almacenamiento de Energía.....	71

3.5.	Cálculos del Inversor	72
3.6.	Escenarios.....	72
3.7.	Cálculo de Energía total obtenida	74
3.7.1.	Periodo de Invierno.....	75
3.7.2.	Periodo de Verano.....	77
3.7.3.	Producción total del Sistema Híbrido fotovoltaico-eólico-hidrocinético	79
CAPÍTULO 4.....		80
4.	ASPECTOS COMPLEMENTARIOS	80
4.1.	Sistema Híbrido	80
4.1.1.	Hibridación del Sistema fotovoltaico-eólico con microsistema hidrocinético....	80
4.2.	Equipos y su implementación	83
4.2.1.	Generador Hidrocinético HKT- Río Tomebamba	83
4.2.2.	Generador Hidrocinético HKT- Río Yanuncay.....	84
4.2.3.	Generador Hidrocinético HKT- Río Tarqui	85
4.2.4.	Generador Hidrocinético HKT- Río Machángara.....	86
4.2.5.	Generador Hidrocinético HKT- Río Cuenca	87
4.2.6.	Parámetros del Módulo Fotovoltaico PV.....	88
4.2.7.	Parámetros de la Batería.....	89
4.2.8.	Parámetros del Controlador de Carga	90
4.2.9.	Parámetros del Inversor	91
4.2.10.	Parámetros de la Turbina Eólica.....	92
4.3.	Análisis de Caudales mediante el programa HEC-RAS.....	92
4.3.1.	Análisis del Río Tarqui HEC-RAS	93
4.3.2.	Análisis del Río Yanuncay HEC-RAS	95
4.3.3.	Análisis del Río Tomebamba HEC-RAS	98
4.3.4.	Análisis del Río Machángara HEC-RAS	100
4.3.5.	Análisis del Río Cuenca HEC-RAS.....	103
4.4.	Diseño de Sistema Híbrido PV/WT/HKT	105
4.4.1.	Modelo 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT.....	105
4.4.2.	Modelo 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT.....	109
CONCLUSIONES		114
RECOMENDACIONES.....		115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		115
ANEXOS.....		129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Plan de Generación para cada Río en distintas épocas. Fuente: El Autor	12
Figura 2: La Energía en Ecuador. Fuente: (INEC, 2022).....	13
Figura 3: Aporte de MW por Bloques de Energía Renovable No Convencionales. Fuente: (Noristz, 2021)	14
Figura 4: Fuentes de Energía. Fuente: El Autor	15
Figura 5: Energía Hidráulica en Ecuador. Fuente: (Bloomberg, 2022)	15
Figura 6: Energía Solar Fotovoltaica. Fuente: (Enercity, 2019)	16
Figura 7: Parque eólico Villonaco.....	16
Figura 8: Energía Geotérmica-Central de Chachimbiro. Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2019).....	17
Figura 9: Energía undimotriz. Fuente: (Palomino, 2017)	17
Figura 10: Energía Mareomotriz. Fuente: (Sector Electricidad, 2022)	18
Figura 11: Biomasa. Fuente: (REPSOL, 2023)	18
Figura 12: Mapa Solar de Irradiación Anual del Ecuador. Fuente: (Vaca & Ordóñez, 2020)	19
Figura 13: Esquema del Sistema Solar Fotovoltaico. Fuente: (Energía, 2019).....	20
Figura 14: Panel Solar ubicado en la facultad de Ingeniería, Industria y Construcción UCACUE. Fuente: El Autor	20
Figura 15: Paneles Solares Monocristalinos. Fuente: (E. F. C. Solar, 2021)	21
Figura 16: Panel Solar Policristalino. Fuente: (E. Solar, 2020)	21
Figura 17: Módulo Fotovoltaico de capa fina. Fuente: (S. Solar, 2023)	22
Figura 18: Conexión en Serie de módulos fotovoltaicos. Fuente: El Autor	22
Figura 19: Conexión en Paralelo de módulos fotovoltaicos. Fuente: El Autor	23
Figura 20: Conexión Mixta de módulos fotovoltaicos. Fuente: El Autor	23
Figura 21: Orientación e Inclinación de Paneles Solares. Fuente: El Autor	24
Figura 22: Energía Hidrocinética. Fuente: (Dumas et al., 2019).....	25
Figura 23: Turbinas hidrocinéticas de eje horizontal. Fuente: (Cardona et al., 2018)	25
Figura 24: Turbinas hidrocinéticas de eje vertical. Fuente: (Cardona et al., 2018)	26
Figura 25: Central Eólica Villonaco (16.5 MW). Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2022)	27
Figura 26: Maqueta de la Central Eólica Villonaco. Fuente: El Autor	27
Figura 27: Proyecto Eólico Villonaco. Fuente: El Autor	28
Figura 28: Aerogenerador de Eje Vertical. Fuente: (Medio Ambiente, 2020).....	29
Figura 29: Aerogenerador de Eje Horizontal. Fuente: El Autor.....	29

Figura 30: Circuito de Batería equivalente. Fuente: El Autor	31
Figura 31: Controlador de Carga MPPT. Fuente: El Autor	31
Figura 32: Partes del Inversor IMEON. Fuente: (Imeon, 2022)	32
Figura 33: Tipos de Inversores. Fuente: El Autor	33
Figura 34: Cuencas y Subcuencas de Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor.....	34
Figura 35: Ubicación de Turbinas Hidrocinéticas en puntos específicos de Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor	35
Figura 36: Río Tarqui. Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor	36
Figura 37: Duración de Caudal del Río Tarqui. Fuente: El Autor.....	37
Figura 38: Contribución anual del Río Tarqui. Fuente: El Autor	37
Figura 39: Descarga media del Río Tarqui. Fuente: El Autor	38
Figura 40: Río Yanuncay. Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor	38
Figura 41: Duración de Caudal del Río Yanuncay. Fuente: El Autor	39
Figura 42: Contribución anual del Río Yanuncay. Fuente: El Autor.....	39
Figura 43: Descarga media del Río Yanuncay. Fuente: El Autor.....	40
Figura 44: Río Tomebamba. Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor	40
Figura 45: Duración de Caudal del Río Tomebamba. Fuente: El Autor	41
Figura 46: Contribución anual del Río Tomebamba. Fuente: El Autor.....	41
Figura 47: Descarga media del Río Tomebamba. Fuente: El Autor	42
Figura 48: Río Machángara. Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor.....	42
Figura 49: Duración de Caudal del Río Machángara. Fuente: El Autor	43
Figura 50: Contribución anual del Río Machángara. Fuente: El Autor	43
Figura 51: Descarga media del Río Machángara. Fuente: El Autor.....	44
Figura 52: Velocidad de Viento en zonas colindantes de la Ciudad de Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor.....	44
Figura 53: Ubicación de Turbinas Eólicas en puntos específicos de Ríos de la ciudad de Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor	45
Figura 54: Velocidad promedio del viento en Cuenca-Ecuador. Fuente: (Weather, 2023) ...	45
Figura 55: Rosa de viento de la Ciudad de Cuenca-Ecuador. Fuente: (Weather, 2023)	46
Figura 56: Dirección del viento en Cuenca-Ecuador. Fuente: (Weather, 2023).....	46
Figura 57: Velocidad de Viento del Río Cuenca. Fuente: El Autor	47
Figura 58: Velocidad de Viento del Río Tarqui. Fuente: El Autor.....	47
Figura 59: Velocidad de Viento del Río Yanuncay. Fuente: El Autor.....	47
Figura 60: Velocidad de Viento del Río Tomebamba. Fuente: El Autor.....	48

Figura 61: Velocidad de Viento del Río Machángara. Fuente: El Autor	48
Figura 62: Radiación Solar en zonas colindantes de la Ciudad de Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor.....	49
Figura 63: Ubicación de Paneles Solares en puntos específicos de Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor	50
Figura 64: Horas de luz natural en Cuenca. Fuente: (Weather, 2023)	50
Figura 65: Hora de Insolación del Río Cuenca. Fuente: El Autor	51
Figura 66: Hora de Insolación del Río Tarqui. Fuente: El Autor	51
Figura 67: Hora de Insolación del Río Yanuncay. Fuente: El Autor.....	52
Figura 68: Hora de Insolación del Río Tomebamba. Fuente: El Autor.....	52
Figura 69: Hora de Insolación del Río Tomebamba. Fuente: El Autor.....	52
Figura 70: Ubicación del Cantón Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor	54
Figura 71: Zona de estudio ubicado en el Río Tomebamba. Fuente: El Autor.....	55
Figura 72: Zona de implementación del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en el Río Tomebamba. Fuente: El Autor	56
Figura 73: Zona de estudio ubicado en el Río Yanuncay. Fuente: El Autor.....	57
Figura 74: Zona de implementación del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en el Río Yanuncay. Fuente: El Autor.....	58
Figura 75: Zona de estudio ubicado en el Río Machángara. Fuente: El Autor.....	59
Figura 76: Zona de implementación del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en el Río Machángara. Fuente: El Autor	60
Figura 77: Zona de estudio ubicado en el Río Tarqui. Fuente: El Autor	61
Figura 78: Zona de implementación del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en el Río Tarqui. Fuente: El Autor.....	62
Figura 79: Zona de estudio ubicado en el Río Cuenca. Fuente: El Autor	63
Figura 80: Zona de implementación del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en el Río Cuenca. Fuente: El Autor.....	63
Figura 81: Perfiles del Potencial Solar aprovechable en las zonas de estudio. Fuente: El Autor.....	65
Figura 82: Perfiles del Potencial Eólico en las zonas de estudio. Fuente: El Autor	66
Figura 83: Potencial Energético Hidrocinético en el Río Cuenca. Fuente: El Autor	68
Figura 84: Potencial Energético Hidrocinético en el Río Tarqui. Fuente: El Autor	68
Figura 85: Potencial Energético Hidrocinético en el Río Yanuncay. Fuente: El Autor.....	68
Figura 86: Potencial Energético Hidrocinético en el Río Tomebamba. Fuente: El Autor	69
Figura 87: Potencial Energético Hidrocinético en el Río Machángara. Fuente: El Autor.....	69

Figura 88: Potencial Energético Hidrocinético en los Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador. Fuente: El Autor.....	70
Figura 89: Estado de Carga de la Batería. Fuente: El Autor.....	71
Figura 90: Sistema de Carga y Descarga de la Batería. Fuente: El Autor.....	72
Figura 91: Escenario de Potencia total generada por el Sistema Híbrido PV/WT/HKT referente a las inmediaciones del Río Cuenca. Fuente: El Autor.....	72
Figura 92: Escenario de Potencia total generada por el Sistema Híbrido PV/WT/HKT referente a las inmediaciones del Río Tomebamba. Fuente: El Autor.....	73
Figura 93: Escenario de Potencia total generada por el Sistema Híbrido PV/WT/HKT referente a las inmediaciones del Río Tarqui. Fuente: El Autor.....	73
Figura 94: Escenario de Potencia total generada por el Sistema Híbrido PV/WT/HKT referente a las inmediaciones del Río Machángara. Fuente: El Autor.....	74
Figura 95: Escenario de Potencia total generada por el Sistema Híbrido PV/WT/HKT referente a las inmediaciones del Río Yanuncay. Fuente: El Autor.....	74
Figura 96: Generación de Energía Hidrocinética en Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de Invierno). Fuente: El Autor.....	75
Figura 97: Generación de Energía Fotovoltaica en Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de Invierno). Fuente: El Autor.....	76
Figura 98: Generación de Energía Eólica en Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de Invierno). Fuente: El Autor.....	76
Figura 99: Generación de Energía Hidrocinética en Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de verano). Fuente: El Autor.....	77
Figura 100: Generación de energía fotovoltaica en Ríos de la ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de verano). Fuente: El Autor.....	78
Figura 101: Generación de energía eólica en Ríos de la ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de verano). Fuente: El Autor.....	78
Figura 102: Generación Energética total del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en puntos específicos de los Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de Verano). Fuente: El Autor.....	79
Figura 103: Generación Energética total del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en puntos específicos de los Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de Invierno). Fuente: El Autor.....	79
Figura 104: Hibridación de los Generadores Eólicos, Hidrocinéticos y Fotovoltaicos utilizando un controlador de carga híbrido y un cargador de batería. Fuente: El Autor.....	81
Figura 105: Diagrama de flujo de la estrategia de gestión energética Fotovoltaica/Eólica/Microhidrogenerador/Batería. Fuente: El Autor.....	82
Figura 106: River Turbine para el Río Tomebamba. Fuente: (MALEWAR, 2022).....	83
Figura 107: Waterotor Turbine para el Río Yanuncay. Fuente: (Waterotor, 2023).....	84

Figura 108: Smart Monofloat Turbine para el Río Tarqui. Fuente: (SMART HYDRO POWER, 2023b)	85
Figura 109: Capta Hydro Turbine para el Río Machángara. Fuente: (Capta Hydro, 2017)	86
Figura 110: Hydrovolts Turbine para el Río Cuenca. Fuente: (Energoclub, 2023)	87
Figura 111: Paneles Fotovoltaicos de modelo CS6K-280M. Fuente: (Ramon & Ramon, 2016)	88
Figura 112: Batería De Gel Solar De Ciclo Profundo VRLA. Fuente: (Future Green, 2022) ..	89
Figura 113: Controlador de Carga AMPINVT MPPT-120A. Fuente: (Amazon, 2023)	90
Figura 114: Inversor PWM Industrial. Fuente: (DLMRED, 2021).....	91
Figura 115: Aerogenerador Pika Energy modelo T701. Fuente:(Pika, 2023).....	92
Figura 116: Ubicación del tramo del Río Tarqui como objeto de estudio con HEC-RAS. Fuente: El autor	93
Figura 117: Parámetros de elevación y estación del Río Tarqui. Fuente: El Autor	93
Figura 118: Río Tarqui-Flujo constante 10 m^3/s . Fuente: El Autor	94
Figura 119: Río Tarqui-Flujo constante 50 m^3/s . Fuente: El Autor	94
Figura 120: Río Tarqui-Flujo constante 100 m^3/s . Fuente: El Autor	95
Figura 121: Ubicación del tramo del Río Yanuncay como objeto de estudio con HEC-RAS. Fuente: El Autor.....	95
Figura 122: Parámetros de elevación y estación del Río Yanuncay. Fuente: El Autor	96
Figura 123: Río Yanuncay-Flujo constante 10 m^3/s . Fuente: El Autor.....	96
Figura 124: Río Yanuncay-Flujo constante 50 m^3/s . Fuente: El Autor.....	97
Figura 125: Río Yanuncay-Flujo constante 100 m^3/s . Fuente: El Autor.....	97
Figura 126: Ubicación del tramo del Río Tomebamba como objeto de estudio con HEC-RAS. Fuente: El Autor.....	98
Figura 127: Parámetros de elevación y estación del Río Tomebamba. Fuente: El Autor ...	98
Figura 128: Río Tomebamba-Flujo constante 10 m^3/s . Fuente: El Autor	99
Figura 129: Río Tomebamba-Flujo constante 50 m^3/s . Fuente: El Autor	99
Figura 130: Río Tomebamba-Flujo constante 100 m^3/s . Fuente: El Autor.....	100
Figura 131: Ubicación del tramo del Río Machángara como objeto de estudio con HEC-RAS. Fuente: El Autor.....	100
Figura 132: Parámetros de elevación y estación del Río Machángara. Fuente: El Autor .	101
Figura 133: Río Machángara-Flujo constante 10 m^3/s . Fuente: El Autor.....	101
Figura 134: Río Machángara-Flujo constante 50 m^3/s . Fuente: El Autor.....	102
Figura 135: Río Machángara-Flujo constante 100 m^3/s . Fuente: El Autor.....	102

Figura 136: Ubicación del tramo del Río Cuenca como objeto de estudio con HEC-RAS. Fuente: El Autor.....	103
Figura 137: Parámetros de elevación y estación del Río Cuenca. Fuente: El Autor	103
Figura 138: Río Cuenca-Flujo constante 10 m^3/s . Fuente: El Autor	104
Figura 139: Río Cuenca-Flujo constante 50 m^3/s . Fuente: El Autor	104
Figura 140: Río Cuenca-Flujo constante 100 m^3/s . Fuente: El Autor	105
Figura 141: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (1/7). Fuente: El Autor	106
Figura 142: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (2/7). Fuente: El Autor	106
Figura 143: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (3/7). Fuente: El Autor	107
Figura 144: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (4/7). Fuente: El Autor	107
Figura 145: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (5/7). Fuente: El Autor	108
Figura 146: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (6/7). Fuente: El Autor	108
Figura 147: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (7/7). Fuente: El Autor	109
Figura 148: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (1/8). Fuente: El Autor	110
Figura 149: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (2/8). Fuente: El Autor	110
Figura 150: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (3/8). Fuente: El Autor	111
Figura 151: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (4/8). Fuente: El Autor	111
Figura 152: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (5/8). Fuente: El Autor	112
Figura 153: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (6/8). Fuente: El Autor	112
Figura 154: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (7/8). Fuente: El Autor	113
Figura 155: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (8/8). Fuente: El Autor	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Datos técnicos de la Central Eólica Villonaco.....	28
Tabla 2: Modelos de Baterías utilizadas en instalaciones.....	30
Tabla 3: Índice de Calidad de Agua.....	35
Tabla 4: Características de las cuencas de los Ríos de la ciudad de Cuenca-Ecuador.	36
Tabla 5: Radiación Solar Global estimada y Amplitud Térmica en la Ciudad de Cuenca-Ecuador.	53
Tabla 6: Coordenadas Geográficas del Río Tomebamba.....	55
Tabla 7: Coordenadas Geográficas del Sistema Híbrido PV/WT/HKT a implementarse en el Río Tomebamba.	56
Tabla 8: Coordenadas Geográficas del Río Yanuncay.....	57
Tabla 9: Coordenadas Geográficas del Sistema Híbrido PV/WT/HKT a implementarse en el Río Yanuncay.	58
Tabla 10: Coordenadas Geográficas del Río Machángara.	59
Tabla 11: Coordenadas Geográficas del Sistema Híbrido PV/WT/HKT a implementarse en el Río Machángara.	60
Tabla 12: Coordenadas Geográficas del Río Tarqui.....	61
Tabla 13: Coordenadas Geográficas del Sistema Híbrido PV/WT/HKT a implementarse en el Río Tarqui.....	62
Tabla 14: Coordenadas Geográficas del Sistema Híbrido PV/WT/HKT a implementarse en el Río Cuenca.....	64
Tabla 15: Especificaciones Técnicas del Generador Hidrocinético (River Turbine) para el Río Tomebamba.	83
Tabla 16: Especificaciones Técnicas del Generador Hidrocinético (Waterotor Turbine) para el Río Yanuncay.	84
Tabla 17: Especificaciones Técnicas del Generador Hidrocinético (Smart Monofloat Turbine) para el Río Tarqui.	85
Tabla 18: Especificaciones Técnicas del Generador Hidrocinético (Capta Hydro Turbine) para el Río Machángara.	86
Tabla 19: Especificaciones Técnicas del Generador Hidrocinético (Hydrovolts Turbine) para el Río Cuenca.	87
Tabla 20: Especificaciones Técnicas del Panel Fotovoltaico CS6K-280M.....	88
Tabla 21: Especificaciones Técnicas de la Batería SM12V180Ah.....	89
Tabla 22: Especificaciones Técnicas del Controlador de Carga AMPINVT MPPT-120A.	90
Tabla 23: Especificaciones Técnicas del Inversor PWM Industrial.	91
Tabla 24: Especificaciones Técnicas de la Turbina Eólica T701	92

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Datasheet de Panel Fotovoltaico de modelo CS6K-280M.....	129
Anexo 2: Datasheet de la Turbina Eólica de modelo T701.....	130
Anexo 3: Datasheet de la Batería modelo SM12V180Ah	131
Anexo 4: Ubicación y trazado del tramo de estudio del Río Tarqui con HEC-RAS.....	133
Anexo 5: Compilación y Simulación del Río Tarqui (10 m^3/s) con HEC-RAS.....	134
Anexo 6: Compilación y Simulación del Río Tarqui (50 m^3/s) con HEC-RAS.....	135
Anexo 7: Compilación y Simulación del Río Tarqui (100 m^3/s) con HEC-RAS.....	136
Anexo 8: Ubicación y trazado del tramo de estudio del Río Yanuncay con HEC-RAS.	137
Anexo 9: Compilación y Simulación del Río Yanuncay (10 m^3/s) con HEC-RAS.....	138
Anexo 10: Compilación y Simulación del Río Yanuncay (50 m^3/s) con HEC-RAS.....	139
Anexo 11: Compilación y Simulación del Río Yanuncay (100 m^3/s) con HEC-RAS.	140
Anexo 12: Ubicación y trazado del tramo de estudio del Río Tomebamba con HEC-RAS.	141
Anexo 13: Compilación y Simulación del Río Tomebamba (10 m^3/s) con HEC-RAS.....	142
Anexo 14: Compilación y Simulación del Río Tomebamba (50 m^3/s) con HEC-RAS.....	143
Anexo 15: Compilación y Simulación del Río Tomebamba (100 m^3/s) con HEC-RAS... ..	144
Anexo 16: Ubicación y trazado del tramo de estudio del Río Machángara con HEC-RAS.	145
Anexo 17: Compilación y Simulación del Río Machángara (10 m^3/s) con HEC-RAS.....	146
Anexo 18: Compilación y Simulación del Río Machángara (50 m^3/s) con HEC-RAS.....	147
Anexo 19: Compilación y Simulación del Río Machángara (100 m^3/s) con HEC-RAS... ..	148
Anexo 20: Ubicación y trazado del tramo de estudio del Río Cuenca con HEC-RAS.....	149
Anexo 21: Compilación y Simulación del Río Cuenca (10 m^3/s) con HEC-RAS.....	150
Anexo 22: Compilación y Simulación del Río Cuenca (50 m^3/s) con HEC-RAS.....	151
Anexo 23: Compilación y Simulación del Río Cuenca (100 m^3/s) con HEC-RAS.....	152

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente, cuando los humanos se percataron que podían dominar el calor y fuego para obtener luz ya se estaba manejando las energías renovables. Este calor generado tenía múltiples usos ya sea para fundir metales, cocinar o para el calentamiento humano. (Romo Fernández et al., 2013)

En tiempos remotos el primer molino europeo construido en Inglaterra consistía en una estructura que utilizaba una rueda o turbina de agua para generar energía, en si estos molinos eran multifuncionales ya que facilitaban en la producción de varios bienes materiales por lo que tuvo gran acogida hasta llegar a extenderse por todo el Norte de Europa.(Schallenberg Rodríguez, 2012)

Debido al aumento paulatino del consumo energético de las personas, se ha optado introducir nuevas tecnologías para la producción de electricidad. Esta energía generada a base de recursos naturales son un mecanismo significativo para el desarrollo humano, brindando múltiple ayuda y comodidad a los usuarios. Las fuentes de energía convencionales procedentes del petróleo como el gas natural, el diésel y el carbón son responsables del calentamiento global debido a que liberan grandes cantidades de monóxido de carbono ocasionando el efecto invernadero. (MONTES et al., 2019)

El acceso a la electricidad ha dado lugar a varios estudios los cuales aprovechan los recursos naturales presentes en diferentes sitios, estos avances benefician al medio ambiente debido a la demanda de energía existente, los sistemas híbridos como alternativa para generar energía y satisfacer necesidades. Las fuentes de energía renovables suministran energía en lugares donde el acceso es limitado, la generación de energía en los diferentes sitios, cada sistema planteado cuenta con distintas desventajas para su implementación, la variación diaria climática en la ciudad de Cuenca es una problemática constante al momento de generación de energía formando oscilación en las curvas de potencia tanto solar, eólica como hidrocínética. El objetivo principal del sistema híbrido es proporcionar una mayor estabilidad en la curva de potencia obteniendo y brindando el mejor rendimiento posible del sistema para ello debe contar con un banco de baterías el cual aporta de gran manera al sistema para mantener su sistema estable y abastecer en caso de que lo necesite. (A. C. Ramírez et al., 2014)

En 1839 el francés Alexandre Edmond Becquerel con tan solo 19 años descubre el efecto fotovoltaico mientras realizaba un experimento usando una pila electrolítica con electrodos de platino, en el transcurso de su intento se percató de que cuando la pila se exponía a la luz solar, uno de los electrodos activaba la corriente eléctrica generada por dicha pila, 50 años

más tarde del descubrimiento Charles Fritts crea la primera célula fotovoltaica. Los paneles solares cumplen con la función de convertir la energía proporcionada por el sol, transformándola en electricidad, mientras que el inversor cumple con la función de transformar la corriente continua en corriente alterna. (ROJAS, 2015)

En 1887, se construye la primera turbina eólica por el científico Charles Brush, era una máquina demasiado grande con un diámetro de rotor de 17 m y 144 palas realizadas en madera, hoy en día se cuenta con varios aerogeneradores colocados por distintas partes del mundo tanto en tierra como en mar. (Escribano Delgado, 2018)

El aprovechamiento de la energía cinética del río puede considerarse uno de los métodos más importantes inventados por el hombre para convertir las fuerzas de la naturaleza en trabajo mecánico. Este tipo de turbinas hidrocinéticas se derivan de las turbinas eólicas ya que su procedimiento es parecido. (Castillo, 2020)

Las energías renovables cumplen con un papel muy importante para el abastecimiento energético en diferentes zonas, sus ventajas al ser una energía limpia son sistemas seguros y confiables, a más de permitir un ahorro ya que su infraestructura no es muy costosa, también cuenta con desventajas como mantenimiento preventivo cada cierto tiempo debido a los cambios climáticos y problemas tanto de flora como de fauna del sector a implementarse si no se toman las debidas precauciones. (Romera Sánchez, 2015)

Es sorprendente como van creciendo las energías renovables, según datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) las energías renovables aportan con el 27% al suministro eléctrico, pero se estima que siga creciendo hasta un 44% para el 2040 teniendo un mayor grado de participación en energía eólica y energía fotovoltaica. (Winkler et al., 2011)

La transición energética ha progresado teniendo a varios países con grandes proyectos renovables como Suecia que lidera el ranking según Energy Transition Index (ETI) que tiene claro el cambio que se debe dar para que las energías ya no dependan del carbón y los combustibles fósiles sino cada vez ser energías más limpias y sostenibles. (Luz et al., 2018)

En Ámsterdam capital de Países Bajos hace pocos años nació un proyecto atractivo que consistía en generar electricidad a base de luz solar en una ruta ciclística de aproximadamente 70 km con células solares incorporadas, todo el proyecto llamó la atención a los habitantes que en el primer año se dieron cita más de 400000 ciclistas que hacían deporte diario y a su vez ayudaban generando energía para abastecer ciertos puntos que carecían de electricidad, debido a la gran acogida brindada por los ciudadanos se han planteado algunos proyectos con grandes propósitos de los cuales están varios con luz verde como un barrio flotante sostenible y se espera que en años posteriores sigan incrementándose muchos más. (Torriti et al., 2010)

La ciudad de Cuenca llamada también la Atenas del Ecuador, con aproximadamente 600.000 habitantes es la tercera ciudad más habitada y visitada por turistas de distintos países, con un incremento de ciudadanos del 15% en los últimos años, la mayoría de habitantes cuencanos observan a los distintos ríos como zonas peligrosas, orillas de ríos con poca iluminación o en muchos casos no cuentan con alumbrado, sin embargo son lugares que atraen mucho a la ciudadanía por la diversidad de flora existente, la inseguridad de la ciudad de Cuenca viene siendo un tema muy complicado debido a que se han incrementado la tasa de robos en los últimos años, zonas como orillas de ríos, parques entre otras se ven muy afectadas por la falta de iluminación, es por esto que entran en las zonas peligrosas para la ciudadanía, pero no todo es negativo, si nos fijamos en los caudales de los ríos que aumentan y decrecientan de manera significativa durante las diferentes estaciones del año, a más de contar con diferentes zonas donde se puede aprovechar directamente la radiación solar con energía fotovoltaica. (Ponce-Jara et al., 2018)

1.1. TRABAJOS PREVIOS

(Pazmiño & Josué, 2019) mencionan en su estudio que se puede generar energía eléctrica por medio de una turbina hidrocínética esto tomando el ejemplo aplicado en el Río Guayas por lo que su uso permitirá obtener un provecho energético renovable que puede ayudar como una alternativa ecológica al sistema convencional eléctrico, con esto los autores resaltan que se podría obtener un eficiente sistema eléctrico alternativo como un método que contribuya al ahorro de energía eléctrica y que el mismo se convierta en un beneficio social para la comunidad.

(Cardona-Mancilla et al., 2018) realizaron un análisis con respecto a las turbinas hidrocínéticas sabiendo que es una tecnología que ayuda a la conservación del medio ambiente al no pretender la construcción de represas sino aprovechar las corrientes de agua de ríos, canales realizados por el ser humano, basándose en diseños, materiales empleados y simulación computacional con el fin de identificar zonas que han sido abandonadas por distintos investigadores y promoverán el aprovechamiento de energía disponible mediante la implementación de turbinas hidrocínéticas.

(Ortiz, 2017) ejecutó una investigación en Colombia para la generación de energía eléctrica mediante turbinas hidrocínéticas en distintas zonas donde se carece del servicio eléctrico, basándose en el potencial que posee el recurso hídrico, los elementos que constituyen la turbina, todo esto con la finalidad de obtener el potencial máximo que pueden extraer y aprovechar del río Atrato que es uno de los ríos más navegables en el país.

(Rivadeneira, 2015) en su investigación utiliza una herramienta computacional que funciona por medio de parámetros de modelos matemáticos implementados para las turbinas hidrocinéticas, logrando encontrar una optimización con respecto al análisis a la generación de electricidad al momento de emplear turbinas hidrocinéticas a un río de bajo caudal. Por medio de esta aplicación se intenta resolver de manera efectiva el análisis de la potencia eléctrica que puede generar un río de bajo caudal, con la finalidad de brindar de energía eléctrica utilizando una o varias turbinas hidrocinéticas a una población que se encuentre aislada o al mismo tiempo interconectar a la red.

(Martínez et al., 2018) mencionan acerca del desarrollo de la implementación de una central mini-hidroeléctrica para suministro de energía, presentando una alternativa que puede lograr mejorar las condiciones de vida de las personas que habitan cerca de las laderas de los ríos; además de esto se contribuye a la disminución del impacto ambiental causado por otros agentes, promoviendo a utilizar recursos renovables, los autores recomiendan que si se desea aplicar esta iniciativa es necesario una política que cuente con la participación del Estado, de igual manera se deben impulsar iniciativas que conduzcan a la reducción de emisiones por medio del uso de la transferencia y apropiación de tecnologías eficientes y limpias.

(I. I. V. Ramírez et al., 2013) mediante sus estudios realizados en México donde se propuso desarrollar tecnología que aprovechará las bondades que ofrece la energía renovable, para obtener agua de mejor calidad para lograr un uso más eficiente del riego agrícola, para lo cual se desarrolló un Sistema Desalador Autónomo Solar (SDASANS), que mejora la calidad del agua; este sistema consiste en trabajar de manera conjunta con energía fotovoltaica utilizando membranas de nanofiltración, por ósmosis inversa, que operan a baja presión. Además, mencionan que se podría realizar un sistema de riego presurizado (por goteo) el cual funciona mediante la energía solar fotovoltaica, que permite hacer un uso más eficiente del agua, esto mediante el uso de paneles solares y aerogeneradores.

(Guerrero Santana & Catagua Mera, 2021) mencionan en su estudio el diseño de un sistema de alumbrado público tipo anillo mediante energía renovable aplicado en la orilla del río de la comunidad de Masa 2 en la ciudad de Guayaquil, los factores para el buen rendimiento del sistema fotovoltaico consisten en aprovechar al máximo el sol, orientación e inclinación del panel solar, la finalidad del alumbrado mediante el uso de energía renovable contribuye a mejorar la calidad de vida de la comunidad y sobre todo brindar seguridad a los ciudadanos aprovechando los recursos que se tiene al alcance con la ventaja de obtener un bajo costo de inversión.

(Maldonado Quispe, 2005) en su investigación propone una turbina de río para la generación de electricidad en el distrito de Mazán-Región Loreto, menciona que al realizar esta turbina se puede transferir su tecnología a diferentes regiones donde existan recursos hídricos utilizables y que puedan ser aprovechados mediante esta máquina, además se resalta la importancia de que este tipo de sistemas no necesitan de obras mecánicas o civiles para su funcionamiento, lo cual brinda grandes beneficios en cuanto a una considerable reducción de costos frente a otras aplicaciones convencionales que son utilizadas para generar electricidad.

(Fernández-Jiménez et al., 2021) mencionan que las turbinas de canal son un aporte importante a las demandas aisladas a la red debido a que son sistemas energéticos bajos en carbono, estas turbinas aprovechan el máximo de potencial cinético y pueden ser instalados en distintas zonas que se abastezca de este recurso, los autores realizaron el estudio con el fin de obtener resultados del efecto de bloqueo que realizan las turbinas todo esto durante la etapa de potencia.

(Marcillo & Fuentes, 2016) en su investigación determinaron áreas adecuadas para el aprovechamiento de energía renovable en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador, basándose en un cuestionario realizado que contaba con 10 preguntas con respecto al conocimiento de las energías renovables de la población y las distintas zonas que contaban gran potencial de la misma sabiendo que al aprovechar estos recursos naturales se obtiene grandes beneficios tanto sociales como económicos todo esto dependiendo de la instalación a realizar, la muestra estuvo integrada por aproximadamente 400 habitantes del cantón Quevedo, los cuales el 70% carece de información mientras que el 30% restante conoce en términos generales.

(Rodríguez Bejarano, 2018) realiza un análisis y simulación con respecto a la generación de energía eléctrica a base de turbinas hidrocínicas de eje horizontal tipo Darrieus de baja potencia para su implementación en zonas rurales observando a este recurso como el futuro energético del país y no solo del país a nivel mundial, esta investigación contó con tres etapas, en la primera etapa se realizaron cálculos obteniendo valores del torque producido por la turbina, en la segunda etapa con la ayuda del software xfr5 se obtuvo datos de acuerdo a los coeficientes de perfil, y como última etapa se construyó el prototipo de la turbina hidrocínica todo esto con el fin de generar energía eléctrica mediante turbinas hidrocínicas aprovechando ríos y canales que en muchos casos ni se toma en cuenta por los habitantes del sector.

(Cardona Mancilla, 2018) presenta en su estudio una turbina hidrocínica para ser utilizada en los ríos, a través de difusores para incrementar la potencia del mecanismo el cual está

evaluado y controlado para garantizar resultados óptimos usando el método denominado elementos finitos (FEA), la finalidad de esta aplicación en los ríos es generar una alternativa eléctrica para zonas que se encuentran aisladas, para que las mismas sean interconectadas y a su vez incentivar al uso de este tipo de turbinas lo cual resulta beneficioso debido a sus resultados ya que se trabaja con tecnología limpia y de fácil acceso.

(Arrieta et al., 2019) realizaron un diseño de una turbina hidrocínética para ello se basaron en condiciones mínimas de la corriente y velocidad de agua atravesada, con una eficiencia mecánica del 60%, ángulos, entre otros datos que obtuvieron en un software especial, para este análisis se contó con un estudio computacional 2D en el código JavaFoil del perfil Eppler 420.

(Chávez Muñoz, 2015) menciona que se puede aprovechar el potencial hidráulico de los ríos mediante la construcción de centrales hidroeléctricas de tipo embalse, es decir, de la acumulación de agua mediante el diseño de represas que forman un lago artificial para así generar un potencial con el agua retenida, el autor resalta aquí que el uso de nuevas tecnologías es fundamental, las turbinas hidrocínéticas aprovechan la energía de la corriente de los ríos sin la necesidad de grandes obras civiles como es el caso de este tipo de centrales, el principio de captación de la energía de las corrientes es el mismo que se utiliza para los aerogeneradores, es por esto que el uso de turbinas axiales para río es la opción más viable de captar dicha energía.

(Moreno et al., 2015) evalúan cuanto potencial energético se puede aprovechar en el río Sella ubicado en España ya que las llamadas energías limpias van creciendo de una manera acelerada con ello se pueden obtener resultados convincentes para la ciudadanía en general, para esta investigación se trabajó con un programa llamado "IBER" el cual realiza modelizaciones para aguas poco profundas, todo esto con el fin de obtener la viabilidad de utilizar este sistema renovable en esta zona costera.

(Martinho, 2016) comenta que la mayor fracción del tiempo y la tierra en la que se edifican los parques eólicos es alquilada, razón por la cual las turbinas de viento se emplean en un espacio limitado y el resto del lugar es ocupado para diversas actividades productivas.

(Ferro, 2007) realiza una planeación de sistema híbrido de desarrollo progresivo en su ciudad Bogotá-Colombia en el que parte desde la crisis urbana-rural durante los años ochenta, las necesidades energéticas que tenía cada familia hasta la actualidad, el autor busca brindar soluciones con sistemas híbridos ya sean hidrocínéticos-fotovoltaicos, eólicos-fotovoltaicos.

(Benito, 2013) indica que las maneras benéficas de los recursos como la luz solar, viento, hidráulicos, el calor emanado por la tierra y la biomasa establecen las subestructuras industriales y domésticas para conseguir electricidad, agua caliente salubre, climatización e

inflamables construyendo así una agrupación conocida como mix, que contribuye con una fracción considerable del uso total e incremento incesante.

(Tomás-Rodríguez & Santos, 2019) comentan sobre los modelos de extracción de energía eólica que se encuentran ubicados en alta mar, específicamente en aguas profundas, empleando un dispositivo pasivo que está integrado por un sistema conocido como “inertor”, exponiendo con resultados de simulación cómo se logra excluir las oscilaciones de la turbina flotante.

(Gutiérrez, 2016) indica que Alemania ha difundido su red de turbinas eólicas ubicadas a nivel del mar y tierra, a nivel terrestre se elaboran proyectos conocidos como “Gamesa” el que moderniza el parque eólico de Debstedt en el cual se sustituyen ocho de sus once turbinas de 1 MW de potencia por tres nuevas de 4.5 MW, lo que ocasiona una mayor producción. Por otro lado, el nivel marítimo cuenta con proyectos conocidos como el de “Siemens” el que consiste en la instalación de 60 turbinas en el mar Báltico, cada una de estas posee una capacidad de 6 MW en el parque eólico Arkona. La ejecución de este proyecto se llevó a cabo en el 2019, siendo así una apuesta temporal para realizar la transición, este parque abastece 400.000 hogares en Alemania.

(Párraga Palacios et al., 2019) comentan que la empresa eléctrica regional Norte y la empresa operadora electro viento han planteado un proyecto en la parroquia Salinas ubicada en la provincia de Imbabura, este proyecto consiste en instalar un parque eólico con un potencial energético de 10 MW, para el desarrollo del mismo se ha verificado la viabilidad, conexión eléctrica y el impacto sobre el ambiente, por lo que esta investigación contará con un monto de 22 millones de dólares.

(Morales & Martínez, 2021) mediante una investigación decretan que en los años 90 el Instituto Tecnológico de Costa Rica creó la primera turbina eólica empleando tecnología moderna. Desde la elaboración de este proyecto han suscitado proyectos tales como Ad Astra Rocket y la turbina eólica Sky Twister haciéndose acreedores a galardones. Razón por la cual las investigaciones demuestran que Costa Rica posee grandes profesionales en la instauración de aerogeneradores, armado de piezas y construcción de cimientos.

(Clementi et al., 2021) comentan que a comienzos del siglo XXI las instalaciones de baja potencia del país Argentino, como las estructuras eólicas e híbridas aumentaron en zonas urbanas y zonas transicionales, obteniendo electricidad para el autoconsumo de la población, especialmente para cubrir demandas puntuales, la Cooperativa de Provisión de Energía Eléctrica, Viviendas y otros Servicios Públicos de Zapala en 2013 instauraron turbinas que fortalecen las actividades de riego e iluminación de zonas productivas. En 2014, la Usina

Popular y Municipal de Tandil localizada en Buenos Aires puso en marcha el modelo híbrido eólico-solar, con el cual es permisible alumbrar el paseo turístico Cristo de las Sierras.

(Padilla Peralta & Castillo Sánchez, 2021) afirman que la República de Corea es caracterizada por poseer la planta solar flotante más grande a nivel mundial, dicho proyecto de 41 MW a cargo de Q CELLS, compañía productora de módulos fotovoltaicos.

(Gutiérrez Arguedas et al., 2020) comentan que en Costa Rica, específicamente en las comunidades de los cantones Turrialba, no se encuentran a favor de los proyectos ejecutivos en el río Pacure que se dio a inicios de los años ochenta, mientras que alcanzó su mayor promedio en los años 2000, los moradores que habitaban cerca del río conocían los riesgos que traía consigo la instauración de la maquinaria, los moradores del río Reventazón han presentado oposición para evitar que suceda lo mismo.

(Núñez-Blanco et al., 2020) muestran la elaboración de un detector de contaminación de agua mediante redes de sensores, a este proyecto se agregó una tecnología de generación de energía y un localizador de contaminantes en aguas de ríos los mismos que presentan datos a un sistema Gateway en la orilla del río, existe la capacidad de comunicación de 2G/3G, razón por la cual este modelo fue aprobado en Europa y Colombia, no obstante, en este país latinoamericano el modelo presentó fallas de comunicación.

(Guastay Cajo & Llanes Cedeño, 2020) establecen que en la ciudad de Manabí se elaboró el proyecto fotovoltaico denominado "El Aromo" el cual cuenta con suministros de 200 MW de potencia, obteniendo beneficio por parte de la radiación solar en un plano inclinado con 140 kW cada hora por metro cuadrado durante el año, lo cual sugiere una elaboración energética considerada en 280 GW por hora al año, lo que favorecerá al 58 % de consumo energético en Manta y el 16 % en Manabí.

(Gomez et al., 2020) indican que la adquisición de energía que se efectuaba en países latinoamericanos presenta un porcentaje de 0% debido al reglamento señalado por las políticas energéticas, acarrearon a Brasil y Argentina al rol de exportador, generando un promedio de 14.045 GWh generados, un 17.4% se ha expandido a Argentina y un 4.3% adquirido por Brasil de tal manera que sirva para el consumo interno los GWh sobrantes.

(Lin et al., 2020) exhibieron un plan de diversificación energética, su objetivo era alcanzar multiplicidad energética. Este modelo estaba integrado por un equipo fotovoltaico fusionado con una red de almacenamiento de agua por bombeo, con la finalidad de reducir los precios de la demanda energética. La solución a la problemática se centró en el análisis de sensibilidad para comprobar la diferencia del consumo en los edificios. Esta analítica fue empleada para confrontar los modelos producidos con la tecnología efectuada y estipular el beneficio económico de la misma

(Sánchez, 2016) ejecutó una vigilancia tecnológica, razón por la cual en Colombia se realizaron proyectos hidrocinéticos, uno de ellos empleado por la compañía “Smart Hydro Power” ubicada en Salvajina, el segundo proyecto se basa en un prototipo elaborado por los investigadores de energías aplicadas pertenecientes a la Universidad de Antioquia. El tercer proyecto realizado con la producción hidrocinética se desarrolló en Neiva (Huila) este modelo radicó en una solución integrada para solventar la problemática de riego en una finca.

(SMART HYDRO POWER, 2023a) la empresa alemana conocida por su nombre como “Smart Hydro Power” que ha elaborado proyectos de producción hidrocinética, uno de estos proyectos se realizó en una comunidad en Marisol propia de este país, dicho proyecto se fundamentó en una electrificación híbrida que fusionaba un aerogenerador hidrocinético, una celda fotovoltaica y un generador de respaldo, con el que se favoreció a 60 familias. Antiguamente esta aldea poseía un acceso limitado a la energía provenientes de un generador diésel, pero ahora gracias al modelo híbrido SMART esta aldea cuenta con electricidad disponible.

(Terneus-Páez et al., 2019) indican que Coca Codo Sinclair, se inauguró en el año 2016 y posteriormente a un año de trabajo el proyecto alcanzó un 66,7 % de energía. En los meses de enero a diciembre, se estableció un total de 5838 (GWh) por parte de la central.

(SMART HYDRO POWER, 2023c) realizó la investigación de producción hidrocinética que se efectuó en Bellavista ubicada en el país peruano, contando con un modelo híbrido formado por dos turbinas hidrocinéticas, panel fotovoltaico y un generador de respaldo que favoreció a 200 personas en 30 hogares. Antes de la elaboración de este proyecto las familias y las escuelas no tenían acceso a la a la electricidad.

(Kusakana, 2015) desarrolló una investigación de factibilidad sobre el uso de modelos de generación compuesta, en el cual se planteó un esquema de generación con almacenamiento hidráulico mediante bombeo, conjuntamente con un modelo hidrocinético autónomo. Su principal función se basa en el movimiento hidrocinético, en donde la energía se transportaba por medio de una bomba la cual remitía fluido que se almacena en un tanque lo que ocasionaba que la turbina gire por medio de un generador eléctrico.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Analizar estrategias para un mayor aprovechamiento de sistemas híbridos de energías renovables que incluyen turbinas hidrocinéticas en ciudades atravesadas por ríos. Caso Cuenca-Ecuador

1.2.2. Objetivos específicos

- Modelar un sistema híbrido fotovoltaico-eólico-hidrocinético.
- Analizar los distintos caudales de los ríos de Cuenca presentes a lo largo del año.
- Evaluar el sistema híbrido fotovoltaico-eólico-hidrocinético identificando los niveles de producción a lo largo del año.

1.3. ALCANCE

La presente investigación de energía renovable abarca el analizar distintas estrategias de sistemas híbridos en lugares óptimos y claves de la ciudad de Cuenca, todo esto para obtener el máximo aprovechamiento posible ya sea solar, eólico, o hidrocinético, en base a la generación obtenida por los distintos sistemas en los diferentes lugares esta investigación pretende abastecer con iluminación en orillas de ríos que carezcan de ella para brindar seguridad a los ciudadanos que transiten por la zona sin afectar su entorno, ya que la inseguridad es un tema complicado que se está viviendo en los últimos años.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La generación de energía renovable requiere de un análisis previo para su implementación, el aporte brindado permitirá la identificación de distintas zonas que estarán adecuadas para la generación de energía eléctrica y posteriormente su adecuada iluminación en puntos claves de las orillas de los distintos ríos en caso de ser necesario. Los ríos de la ciudad de Cuenca cuentan con distintos promedios de caudales dependiendo de la estación del año en la que se encuentre, de la misma manera sucede con la radiación solar y la velocidad del viento que varía de gran manera, por lo que el análisis permitirá la implementación del sistema adecuado para cada zona identificada. En base a la identificación de las zonas adecuadas para su implementación se evaluará el sistema híbrido identificando los niveles de producción a lo largo de un año garantizando el servicio de alumbrado en zonas cercanas específicamente en orillas de los distintos ríos.

Las energías renovables se han incrementado de gran manera durante los últimos años, por lo que cada vez la implementación de distintos sistemas es más accesible para la mayor parte del mundo con precios que disminuyen año tras año. La implementación del sistema híbrido afecta en cierta parte a la biodiversidad de especies por lo que se tendrá un plan de protección sin afectar el entorno natural, cabe recalcar que el sistema híbrido varía en tamaño de acuerdo al generador hidrocinético, panel fotovoltaico, turbinas eólicas y el sitio empleado. El respaldo se dará a base de un banco de baterías el cual actuará de manera inmediata en caso de fallas en el sistema, abasteciendo y ofreciendo estabilidad de energía.

1.5. METODOLOGÍA

La metodología aplicada en este sistema híbrido de generación de energía aprovecha la infraestructura servible del lugar. Partimos con un análisis de evaluación de carga y evaluación de recursos, en la evaluación de carga nos basamos en la población es decir su estilo de vida, las necesidades energéticas que tiene a diario cada persona, mencionamos el clima como factor principal al momento de la generación ya que no siempre se va a generar lo mismo debido a las diferentes estaciones del año. En la evaluación de recursos se presenta un estudio con características PV, WT y HKT presentes, incluyendo las baterías, el convertidor/inversor, entre otros elementos útiles para el sistema, hablamos del dimensionamiento, posición, inclinación, altura, orientación y ubicación adecuado al momento de implementar los equipos para lograr obtener su mayor rendimiento posible. El uso de generación dependerá del sitio y la demanda de carga diaria que se genere en base a la formación PV, WT y HKT. El análisis económico tiene varias restricciones en su diseño del sistema con los equipos a implementarse como la capacidad PV, WT y HKT, el costo en base a su capacidad debido que para satisfacerse con energía se deberá implementar varios sistemas híbridos buscando su lugar adecuado en el que estos sistemas aprovechen al máximo de los recursos naturales, para lograr una máxima eficiencia se debe tener en cuenta ciertos parámetros como la distancia que se debe llevar entre turbinas y paneles.

El cuadro de solución del sistema de operación adecuado para el modelo híbrido PV/WT/HKT bajo diversas incertidumbres este compuesto por cuatro partes que se explicarán a continuación:

- **Pronóstico:** La intensidad de la radiación solar, la velocidad del viento y los caudales aptos para la energía hidrocínética.
- **Simulación:** Varios escenarios futuros son formados sistemáticamente en base a los artículos derivados por pronóstico probabilístico
- **Optimización:** En cada escenario de simulación, se llama al modelo de operación óptima para obtener variables de estado del modelo. El algoritmo genético se utiliza para resolver el modelo de operación óptima determinista.
- **Resultados:** El sistema de aprendizaje profundo con el dispositivo de atención se manipula para extraer reglas de operación óptimas para cada sistema de generación de energía en los diferentes escenarios de simulación.

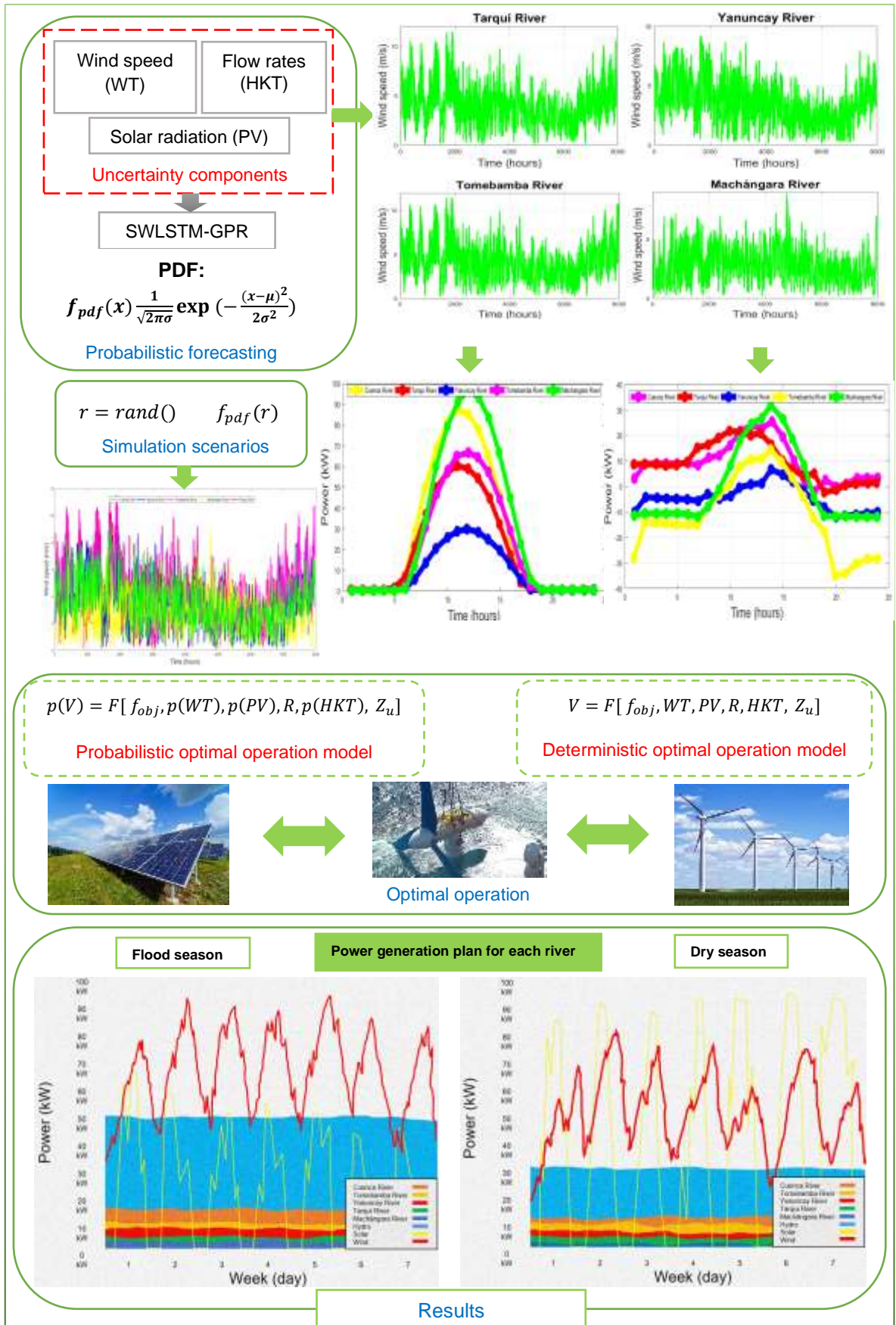


Figura 1: Plan de Generación para cada Río en distintas épocas.
Fuente: El Autor

CAPÍTULO 2

2. ENERGÍAS RENOVABLES EN NUESTRO MEDIO

2.1. Energías Renovables

Hoy en día se disputa sobre como delimitar el término de energía renovable y a su vez la diferenciación de energía no renovable. Según la Agencia nacional de energía se define como: “Energía renovable es la energía derivada de procesos naturales que son sustituidos a una velocidad mayor que la que son consumidos. Formas comunes de energía renovable son la energía solar, energía eólica, energía geotérmica, energía hídrica, así como algunas formas de biomasa” (Peláez-Samaniego & Espinoza Abad, 2015)

Las energías renovables son fuentes que se extraen del medio ambiente razón por la cual son denominadas energías limpias o verdes debido a que su contaminación es escasa, este tipo de energía posee características muy peculiares como: son inagotables, son energías limpias, su extracción se da naturalmente, y no emiten gases de efecto invernadero. (Rommel Alexis & Llanes Cedeño, 2020)

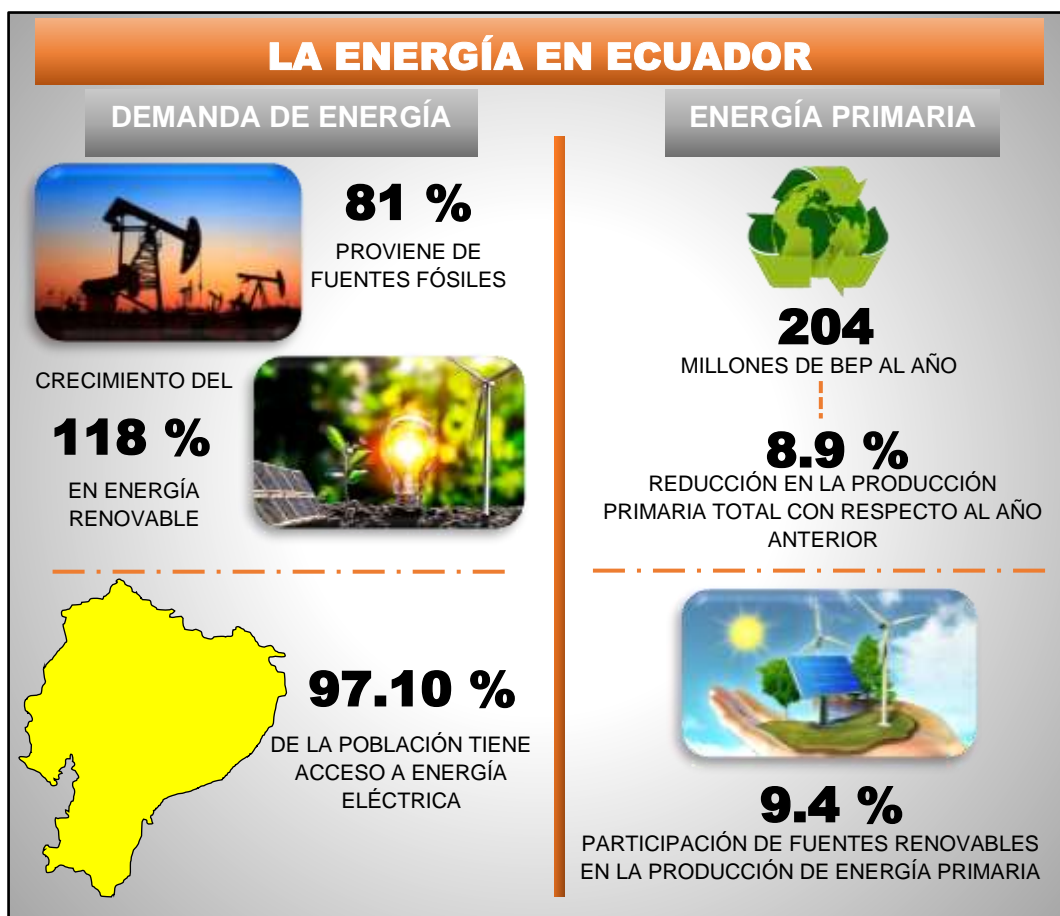


Figura 2: La Energía en Ecuador.
Fuente: (INEC, 2022)

El Bloque de Energías Renovables No Convencionales conocido por sus siglas como “ERNC” pretende impulsar pequeñas centrales hidroeléctricas y también enfocada en desarrollo de proyectos fotovoltaicos eólicos y de biomasa en diversas provincias del Austro Ecuatoriano, fue actualizado en un rango de 200 MW a 500 MW de potencia. (PETROENERGÍA, 2021)

El ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables aceptó la actualización de expansión de producción de su Plan Maestro de Electricidad (PME) hasta el año 2031. Por medio de esta procedencia existe la expectativa de atraer capital privado evaluado en un monto aproximado de USD 2.200 millones en Energías Renovables No Convencionales (ERNC) originarios de proyectos e investigaciones fotovoltaicos, eólicos, geotérmicos y biomasa. (PETROENERGÍA, 2021)

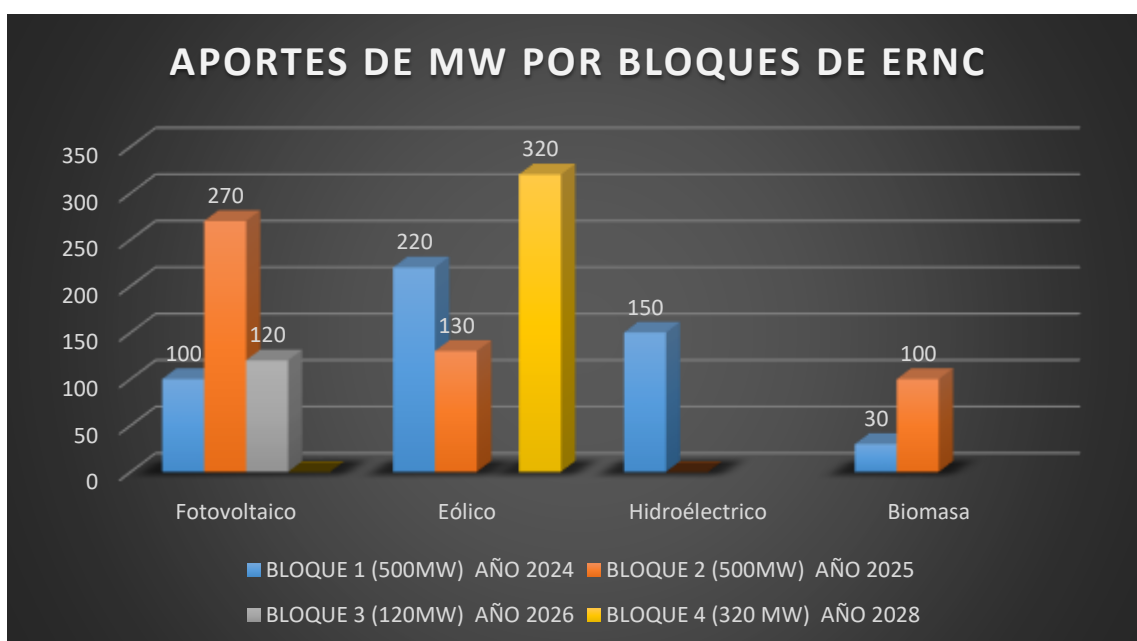


Figura 3: Aporte de MW por Bloques de Energía Renovable No Convencionales.
Fuente: (Noristz, 2021)

La energía renovable es muy útil a nivel mundial, los precios varían de acuerdo al sistema a implementarse, pero en si son valores promedios para los diferentes niveles socioeconómicos. (Icaza-Alvarez et al., 2022) Dentro del plan eléctrico ecuatoriano existe una red de proyectos tales como: Fotovoltaico El Aromo, en la provincia de Manabí, los eólicos Villonaco II y III en Loja y La Microred de Energías Renovables Conolophus de 14,8 MW en Galápagos, los cuales están invertidos al 100% a base de capital privado. (Noristz, 2021)

Cabe recalcar que hasta el 2024 existe la perspectiva de cooperación con el bloque de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) de 500 MW, de los 1440 MW planificados. De tal manera que éstas obran permitirán el progreso fructífero del país y consigo promueven la electromovilidad y la eficacia energética. (Noristz, 2021)

Según investigaciones la energía renovable se divide en dos clases: energías limpias y energías contaminantes, posteriormente se indicará los tipos de energías más importantes empleadas en nuestro medio. (Rommel Alexis & Llanes Cedeño, 2020)

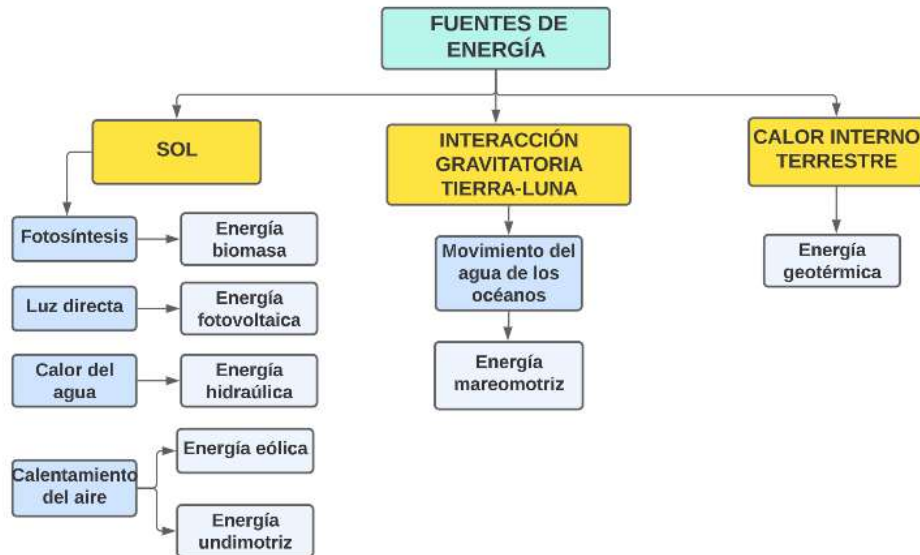


Figura 4: Fuentes de Energía.
Fuente: El Autor

El progreso del material energético en Ecuador se basa en disminuir el uso de combustibles fósiles debido a la implementación de fuentes energéticas renovables. (Icaza et al., 2021)

2.1.1. Energía Hidráulica

Este tipo de energía se fundamenta en la precipitación de agua, para su transformación esta energía potencial durante la caída de agua se transforma en energía cinética. El agua se transporta por medio de las turbinas que funcionan a mayor velocidad ocasionando así una corriente rotatoria que por último se convierte en energía eléctrica por medio de generadores. Esta energía se emplea como principio energético en la fabricación de energía eléctrica comprobando que posea un rendimiento óptico. (Rommel Alexis & Llanes Cedeño, 2020)



Figura 5: Energía Hidráulica en Ecuador.
Fuente: (Bloomberg, 2022)

2.1.2. Energía Solar

Este tipo de energía es emitida por la radiación solar que llega a la tierra, esta es una energía limpia debido a que el sol es caracterizado como un recurso ilimitado. La radiación electromagnética que desciende del sol es captada por elementos térmicos, células fotovoltaicas con el objetivo de transformar la energía solar en energía eléctrica. Día a día se trabaja con nuevas tecnologías tratando así de reducir costos para poder competir con la energía eléctrica fabricada en centrales térmicas. (Rommel Alexis & Llanes Cedeño, 2020)



*Figura 6: Energía Solar Fotovoltaica.
Fuente: (Energcity, 2019)*

2.1.3. Energía Eólica

La energía eólica se origina cuando el aire está en movimiento lo que significa que proviene del viento. Esta fuente energética es un suceso importante debido a que su reaparición se dio en el siglo XX, una de las características muy importantes de esta energía es que es generadora de ofertas laborales, también es apta para incorporarse con nuevas tecnologías. (Rommel Alexis & Llanes Cedeño, 2020)



*Figura 7: Parque eólico Villonaco.
Fuente: (CELEC EP, 2023)*

2.1.4. Energía Geotérmica

Este modelo energético se establece como energía natural procedente de la tierra, el calor terrestre emanado por la naturaleza es muy útil, desde la antigüedad esta energía era empleada por la humanidad. Para la instalación de energía geotérmica se debe cumplir con los siguientes requisitos: el lugar debe poseer altas temperaturas y profundidades accesibles. (Rommel Alexis & Llanes Cedeño, 2020)



Figura 8: Energía Geotérmica-Central de Chachimiro.
Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2019)

2.1.5. Energía Undimotriz

Esta energía se fundamenta por la producción del movimiento de las olas del mar, no es un tipo de energía muy conocida, pero con el paso del tiempo cada vez se va empleando más la energía undimotriz. (Rommel Alexis & Llanes Cedeño, 2020)

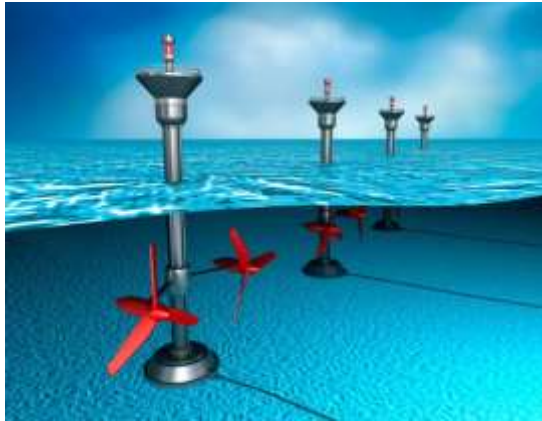


Figura 9: Energía undimotriz.
Fuente: (Palomino, 2017)

2.1.6. Energía Mareomotriz

Esta fuente energética se da a causa de la fluctuación periódica ocasionada a nivel del mar, fruto de la atracción gravitatoria del sol, luna, mareas, oleaje, corrientes geostróficas y los desniveles de temperatura entre el agua marina. En todo el planeta tierra se han elaborado

tecnologías para la explotación de la energía mareomotriz con diversos potenciales. Pero la correlación entre la cantidad de energía se consigue con elementos actuales, y el valor es económico, dentro del sector ambiental para poder instalar estos dispositivos es necesario contar con plan de contingencia, de tal manera poder evitar la destrucción de flora y fauna presentes. (Rommel Alexis & Llanes Cedeño, 2020)



*Figura 10: Energía Mareomotriz.
Fuente: (Sector Electricidad, 2022)*

2.1.7. Energía por Biomasa

La biomasa es un conjunto de productos energéticos y materias primas renovables que se producen de la materia orgánica elaborada biológicamente. En este tipo de energía no abarca los combustibles fósiles, plásticos o elementos sintéticos. (Rommel Alexis & Llanes Cedeño, 2020)



*Figura 11: Biomasa.
Fuente: (REPSOL, 2023)*

2.2. Energía Solar Fotovoltaica en Ecuador

El país ecuatoriano posee una alta radiación solar sin embargo hoy en día el mercado de generación cada vez progresa, pero pocos saben de los beneficios de dicha energía. Según el Ministerio de Energía la localización geográfica de Ecuador hace que este país sea apto

para el uso de sistemas fotovoltaicos a causa de la alta radiación lo que ocasiona la producción de energía eléctrica. (Sarzos, 2022)

Ecuador cuenta con un potencial de 660 MWp fotovoltaicos, dicho potencial fue registrado por medio de análisis multicriterio más información secundaria disponible, teniendo en cuenta zonas con alto nivel de radiación y que no se encuentren delimitadas ambientalmente y socialmente. (Sarzos, 2022)

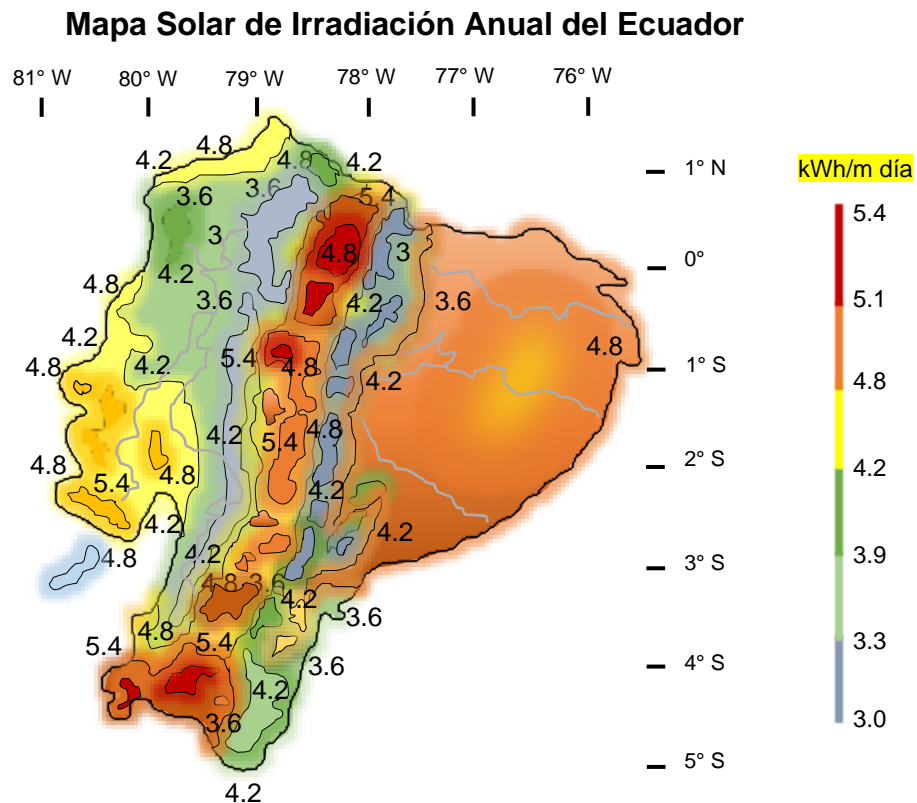


Figura 12: Mapa Solar de Irradiación Anual del Ecuador.
Fuente: (Vaca & Ordóñez, 2020)

Las creaciones de paneles solares empleados correctamente son muy características para la producción de energía no nuclear, su finalidad es brindar un desempeño óptimo en los paneles evitando la degradación de los mismos en un lapso de tiempo. (Herrera et al., 2019) Para lograr la producción máxima de energía solar de un panel solar es imprescindible operarlo desde una zona de máxima potencia. En una operación estándar este punto varía persistentemente por lo que se necesita de un sistema de rastreo desde el del punto de mayor potencia para perfeccionar la operación del panel mediante una estructura ligera que se acompañe con el trayecto del sol en el día. (Baethge et al., 2018)

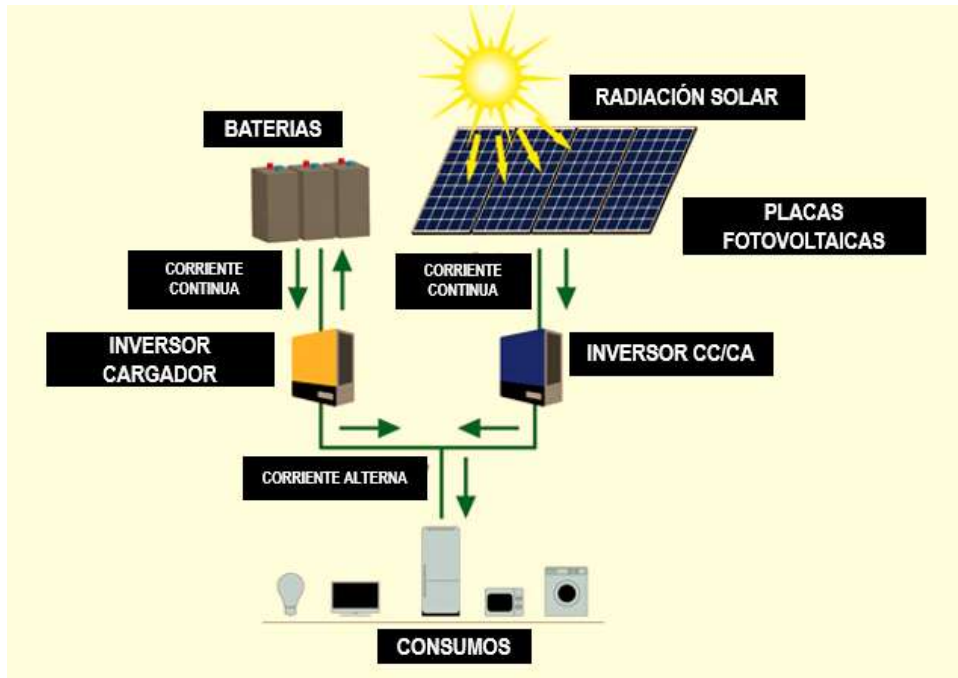


Figura 13: Esquema del Sistema Solar Fotovoltaico.
 Fuente: (Energía, 2019)

2.2.1. Clasificación de Paneles Solares

Los paneles solares también son conocidos como módulos solares, estos son elementos que captan la intensidad de la radiación electromagnética emanada del sol para que se transforme en otros tipos de energía como es el caso de la energía térmica, que se deriva de los colectores solares y la energía eléctrica. Se dividen en: monocristalinos, policristalinos, de capa fina o amorfos. (Cabrera Merchán & Villa García, 2022)



Figura 14: Panel Solar ubicado en la facultad de Ingeniería, Industria y Construcción UCACUE.
 Fuente: El Autor

2.2.1.1. Paneles Solares Monocristalinos

Estos paneles se crearon a inicios de los años cincuenta, su formación se basa en células de silicio que se encuentran sujetas a diversas fases de cristalización hasta alcanzar un cristal. Una característica importante de este panel monocristalino es que posee mayor durabilidad, funcionamiento y son muy eficaces. (Cabrera Merchán & Villa García, 2022)



*Figura 15: Paneles Solares Monocristalinos.
Fuente: (E. F. C. Solar, 2021)*

2.2.1.2. Panel Solar Policristalino

Su creación se dio en los años ochenta, su edificación se da por medio del silicio, de igual forma que los paneles monocristalinos, en este tipo de panel se obtienen varios cristales, y su uso es extenso debido a los precios de elaboración y durabilidad. (Cabrera Merchán & Villa García, 2022)



*Figura 16: Panel Solar Policristalino.
Fuente: (E. Solar, 2020)*

2.2.1.3. Panel solar de capa fina o amorfo

Este tipo de paneles son los más actuales y su ventaja es que son elaborados a base de silicio, pero sin cristalizar, se sitúan a manera de vapor sobre la superficie de metal o plástico, gracias a su densidad de potencia, requieren como mínimo el doble de espacio que el resto

de placas solares para conseguir la misma potencia en vatios. (Cabrera Merchán & Villa García, 2022)



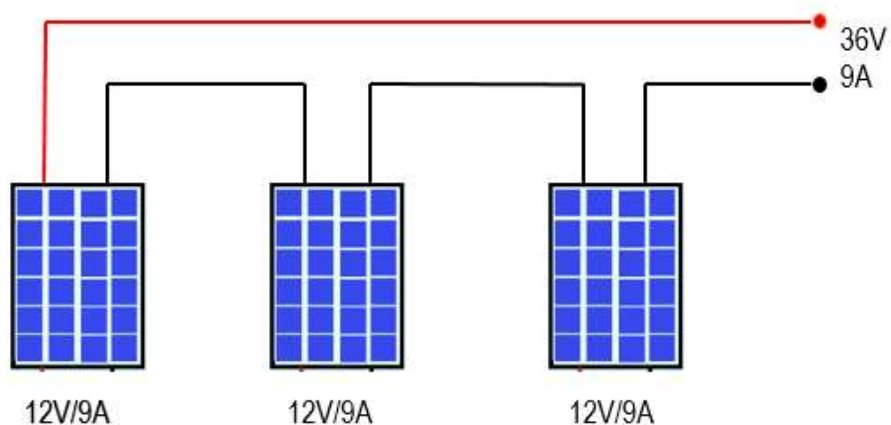
*Figura 17: Módulo Fotovoltaico de capa fina.
Fuente: (S. Solar, 2023)*

2.2.2. Combinación de Paneles Solares

Existen tres tipos de combinaciones de conexión de paneles solares que se dividen en: conexión en serie, conexión en paralelo y conexión mixta.

2.2.2.1. Conexión en Serie

Los sistemas fotovoltaicos se enlazan uno tras otro, lo que significa la salida del primer sistema con el segundo sistema de ingreso así continuamente. Se requiere del número total de sistemas a ejecutar, dando como producto un voltaje semejante a la suma de voltajes parciales, con una utilidad constante. (Morocho Quishpi & Correa Heredia, 2021)



*Figura 18: Conexión en Serie de módulos fotovoltaicos.
Fuente: El Autor*

2.2.2.2. Conexión en Paralelo

Estos sistemas se enlazan uniendo las entradas y salidas dando como consecuencia una corriente resultante similar a la sumatoria de las corrientes parciales. (Morocho Quishpi & Correa Heredia, 2021)

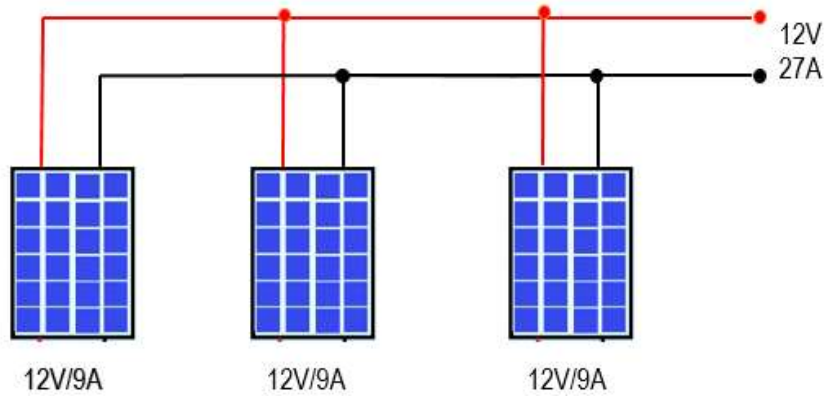


Figura 19: Conexión en Paralelo de módulos fotovoltaicos.
Fuente: El Autor

2.2.2.3. Conexión Mixta

Se obtiene al combinar elementos de la conexión serie y a la vez paralelo de los sistemas fotovoltaicos. (Morocho Quishpi & Correa Heredia, 2021)

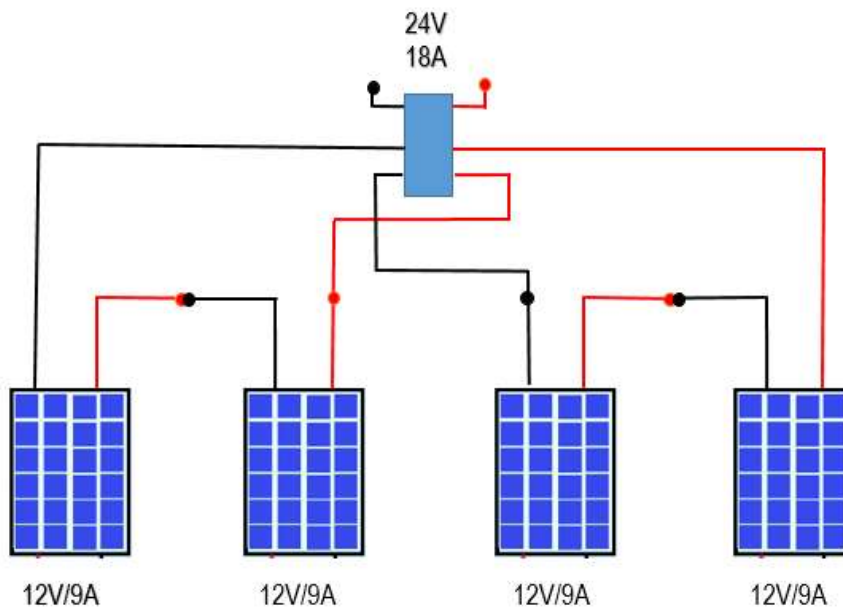


Figura 20: Conexión Mixta de módulos fotovoltaicos.
Fuente: El Autor

2.2.3. Determinación del Ángulo de Inclinación.

El ángulo adecuado para la inclinación de un panel solar depende de puntos geográficos en la zona donde se sitúa el modelo fotovoltaico, los puntos geográficos de latitud y longitud se sitúan por medio de modelos como el GPS o por diversos métodos tecnológicos que sean accesibles para la sociedad. El país ecuatoriano gracias a su ubicación geográfica es uno de las naciones más beneficiadas que usa la energía solar con un ángulo de inclinación que oscila entre 0° a 12° . (Morocho Quishpi & Correa Heredia, 2021)



Figura 21: Orientación e Inclinación de Paneles Solares.
Fuente: El Autor

2.3. Energía Hidrocinética en Ecuador

La energía hidrocinética se basa en utilizar la energía cinética incluida en el flujo de agua al paso de la corriente de fluido por medio de álabes de turbinas, a energía de hélices eólicas para poder transformar la energía de flujo en mecánica. Los mecanismos empleados en la energía del agua se determinan mediante su manejo y necesita de estructuras civiles y manipulación del entorno del cuerpo hídrico. Lo que ocasiona que exista disminución económica, de la misma forma la mitigación ambiental originado hacia el ecosistema. También simboliza limitación visual y disminución del nivel de ruido, por su naturalidad estos elementos favorecen considerablemente a comunidades rurales distanciadas de sistemas energéticos nacionales. (Romero-Menco et al., 2022)

Las turbinas hidrocinéticas son empleadas como una opción para la producción de energía eléctrica mediante el beneficio de la energía derivada de un flujo de agua, suministrando electricidad y ofreciendo a la población una mejor calidad de vida. (Restrepo Zapata, 2021)

Estas turbinas son consideradas como tecnología limpia por lo que crean electricidad mediante recursos renovables, pero con el surgimiento de dicha tecnología existen diversas inquietudes relacionadas a los efectos de las turbinas que afectan a la fauna acuática y el impacto que ocasionan mediante su instalación. (Restrepo Zapata, 2021)

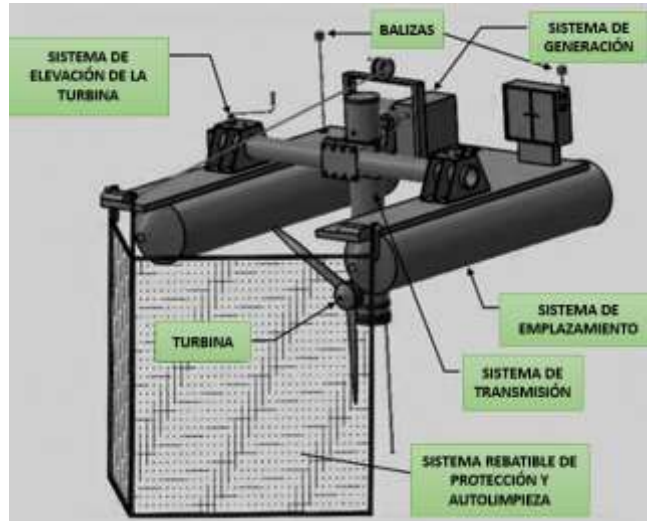


Figura 22: Energía Hidrocinética.
Fuente: (Dumas et al., 2019)

Las turbinas hidrocinéticas son elementos útiles que no requieren una infraestructura civil para su colocación, estas turbinas pueden flotar o ser ancladas en el agua, su instauración de velocidad es $>0,5$ m/s y se clasifican en: turbinas de eje horizontal y turbinas de eje vertical. (Kumar & Saini, 2017)

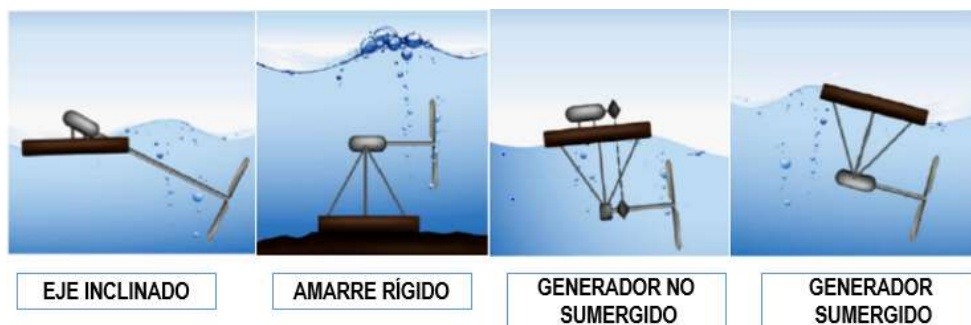


Figura 23: Turbinas hidrocinéticas de eje horizontal.
Fuente: (Cardona et al., 2018)



*Figura 24: Turbinas hidrocineéticas de eje vertical.
Fuente: (Cardona et al., 2018)*

2.4. Energía Eólica en Ecuador

La energía eólica forma parte de las tecnologías de generación distributiva debido a que presenta un alto índice de crecimiento durante los últimos años. Las turbinas eólicas también son conocidas como aerogeneradores que trabajan autónomamente en parques eólicos, están aplicados en diversos servicios tales como: (Guardado et al., 2007)

- Instalaciones eólicas enlazadas a una red eléctrica general
- Instalaciones aisladas no enlazadas a una red.

El uso de la energía eólica en los últimos diez años ha sido considerada muy buena con 40000 MW de potencia situados por todo el mundo a inicios del año 2005. Su incremento y utilidad son de gran ayuda debido a que ya no generarían dependencia del petróleo de varios países en que el que presentan impuestos económicos. (Guardado et al., 2007)

La energía eólica que se origina a partir de las corrientes de viento es un método que presenta beneficencia para el consumidor y a su vez al medio ambiente. Sus instalaciones presentan un menor tiempo de edificación y sus costos son competitivos. De tal forma esta energía originada del viento se ha transformado en una fuente apta de energía renovable. (Guardado et al., 2007)



Figura 25: Central Eólica Villonaco (16.5 MW).
Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2022)

La primera red de energía eólica en Ecuador se instauró en la Isla San Cristóbal contando con una capacidad de 2.4 MW. Posteriormente en el cerro Villonaco ubicado en la provincia de Loja con una potencia de 16.5 MW. También se cuenta con un proyecto en la isla Baltra que posee una potencia de 2.25 MW. Actualmente se ha desarrollado el “Atlas Eólico del Ecuador”, este proyecto ha sido desarrollado por medio de mapeos satelitales, el cual accede a diversas áreas de Ecuador que cuentan con altos potenciales energéticos. Estas investigaciones aportan beneficios a las áreas públicas y privadas de Ecuador con el objetivo de promover el uso de la energía eólica como una fuente energética no contaminante y a la vez renovable. (Játiva et al., 2022)



Figura 26: Maqueta de la Central Eólica Villonaco.
Fuente: El Autor



Figura 27: Proyecto Eólico Villonaco.
Fuente: El Autor

Tabla 1: Datos técnicos de la Central Eólica Villonaco.

CENTRAL EÓLICA VILLONACO	
Altura	2.720 m.s.n.m
Velocidad de viento	12.4 m/s
Factor de planta	41.6 %
Generación anual	59.57 GWh/año
11 aerogeneradores	GW 70 / 1.500
Clasificación	Clase S
Circuito interconectado	34.500 V
Subestación Villonaco	34.500 V a 69.000 V
Línea de subestación	69.000 V de 4.5 km

Fuente: El Autor

2.4.1. Tipos de Turbinas de Viento

La clasificación de las turbinas de viento se diferencia por el eje de rotación y existen dos tipos los cuales son: turbinas de viento de eje vertical y turbinas de viento de eje horizontal. (Portoviejo Brito, 2017)

2.4.1.1. Turbina de Viento de Eje Vertical

Su diseño se basa en que el eje del rotor se encuentra de forma vertical y en su interior se encuentra presente un generador, caja de engranes y por último un rotor con palas que su característica importante es que permite captar la potencia del viento sin tener en cuenta la trayectoria del mismo. (Portoviejo Brito, 2017)



*Figura 28: Aerogenerador de Eje Vertical.
Fuente: (Medio Ambiente, 2020)*

2.4.1.2. Turbina de Viento de Eje Horizontal

Este eje del rotor se encuentra de manera horizontal, el generador eléctrico está conectado entre sí y su ubicación es en la zona superior de la torre. (Portoviejo Brito, 2017)







*Figura 29: Aerogenerador de Eje Horizontal.
Fuente: El Autor*

2.5. Baterías

Las baterías son componentes importantes dentro de los sistemas de paneles solares fotovoltaicos que acumulan energía para su uso posteriormente, estas baterías logran conectarse entre sí o en paralelo, la instalación de estas baterías deber ser entre 12-24-48 voltios de salida como parte del procedimiento. (Medina, 2017)

Tabla 2: Modelos de Baterías utilizadas en instalaciones.

MODELO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	EJEMPLO
Solar	<ul style="list-style-type: none"> - Reserva de electrolito - Excelente funcionamiento en intervalos de ciclos - Producción análoga al SLI 	<ul style="list-style-type: none"> - Vida media - No útil en ciclos profundos ni largos 	
Tubular estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclos profundos - Vida útil - Reserva de sedimentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo alto - Poca disponibilidad en algunas zonas 	
Gel	<ul style="list-style-type: none"> - Insuficiente mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Deterioro inmediato en situaciones funcionamiento extremo de V-I. 	
Arranque (SLI-Automóvil)	<ul style="list-style-type: none"> - Demanda de precio - Disponibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Mediano funcionamiento en ciclos profundos y corrientes bajas - Vida corta - Escasa reversa de electrolito 	

Fuente: (mheducation, 2022)

La batería es un dispositivo significativo dentro del modelo híbrido, el número de baterías depende del almacenamiento de energía aprovechable en horas que la carga se encuentra inactiva. Este sistema esta figurado por un circuito eléctrico que facilita un análisis comparativo generación consumo energético. (Icaza et al., 2020)

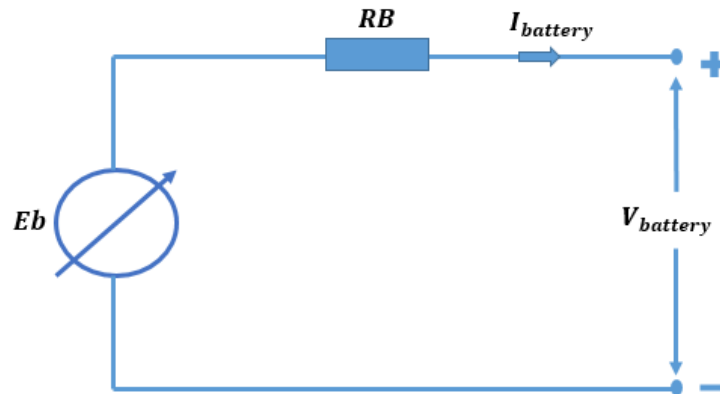


Figura 30: Circuito de Batería equivalente.
Fuente: El Autor

2.6. Controlador de Carga

Este dispositivo controla el voltaje que origina el modelo fotovoltaico que se transmite a las baterías para que se recarguen. La función más importante del regulador de carga es impedir la sobrecarga de la batería, evitando que se sobrecargue el sistema resguardando a la batería para conservar mayor utilidad. (Bolívar, 2018)



Figura 31: Controlador de Carga MPPT.
Fuente: El Autor

Tipos de controladores de carga:

- PWM (Controlador por modulación de ancho de onda)
- Controlador MPPT (Rastreador del punto de máxima potencia).

Estos tipos de controladores de carga mencionados anteriormente son los más empleados en el medio y usados por el modelo fotovoltaico que suministran energía a aparatos en corriente continua y en modelos pequeños. (Bolívar, 2018)

2.7. Inversor

El inversor o convertidor se encarga de instalar la corriente continua ocasionada por el generador fotovoltaico a las peculiaridades eléctricas empleadas por las cargas a sustentar. Estos elementos se identifican por la variedad del voltaje de entrada de corriente continua (DC) que derivan de las baterías a un voltaje de salida de corriente alterna (AC). Se encuentran formados por varios circuitos electrónicos que hacen que prevalezca el dispositivo que tiene una eficiencia de un 80 a 85%. (Medina, 2017)



*Figura 32: Partes del Inversor IMEON.
Fuente: (Imeon, 2022)*

La función del convertidor es ajustar la producción de corriente eléctrica encaminada para su utilización, este elemento transmuta la corriente continua derivada por los paneles solares fotovoltaicos en corriente alterna que es apta para el consumo eléctrico en industrias y hogares. (Medina, 2017)

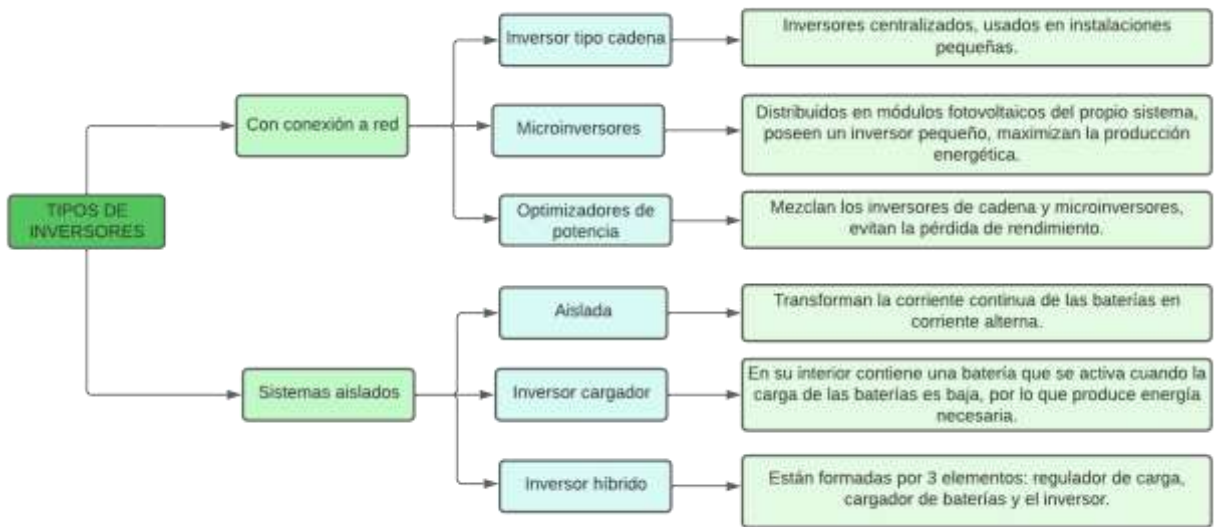


Figura 33: Tipos de Inversores.

Fuente: El Autor

2.8. Análisis de Caudales de Ríos de la Ciudad de Cuenca

La ciudad de Cuenca es caracterizada por sus 4 ríos los cuales hacen que sea una ciudad llena de encanto por sus maravillosos paisajes y su turismo, pero con el pasar de los años ha existido desbordamientos e inundaciones habitualmente en épocas lluviosas del año, causando así enormes pérdidas materiales y llevando consigo varias vidas. Debido a la ubicación geográfica de Cuenca esta ciudad es propensa a inundaciones por lo que sus 4 ríos emergen de la parte alta del macizo del Cajas y drenan hacia el Océano Atlántico. Los desbordamientos de los ríos son a causa de la humedad procedente de la Amazonia y desde el Pacífico lo que origina fuertes precipitaciones intensas superando los 100 mm/h. Los aumentos de los caudales de las corrientes de los ríos inducen a la destrucción de los puentes, colapsando así el sistema de alcantarillado y obras de infraestructura. (ETAPA EP, s. f.)

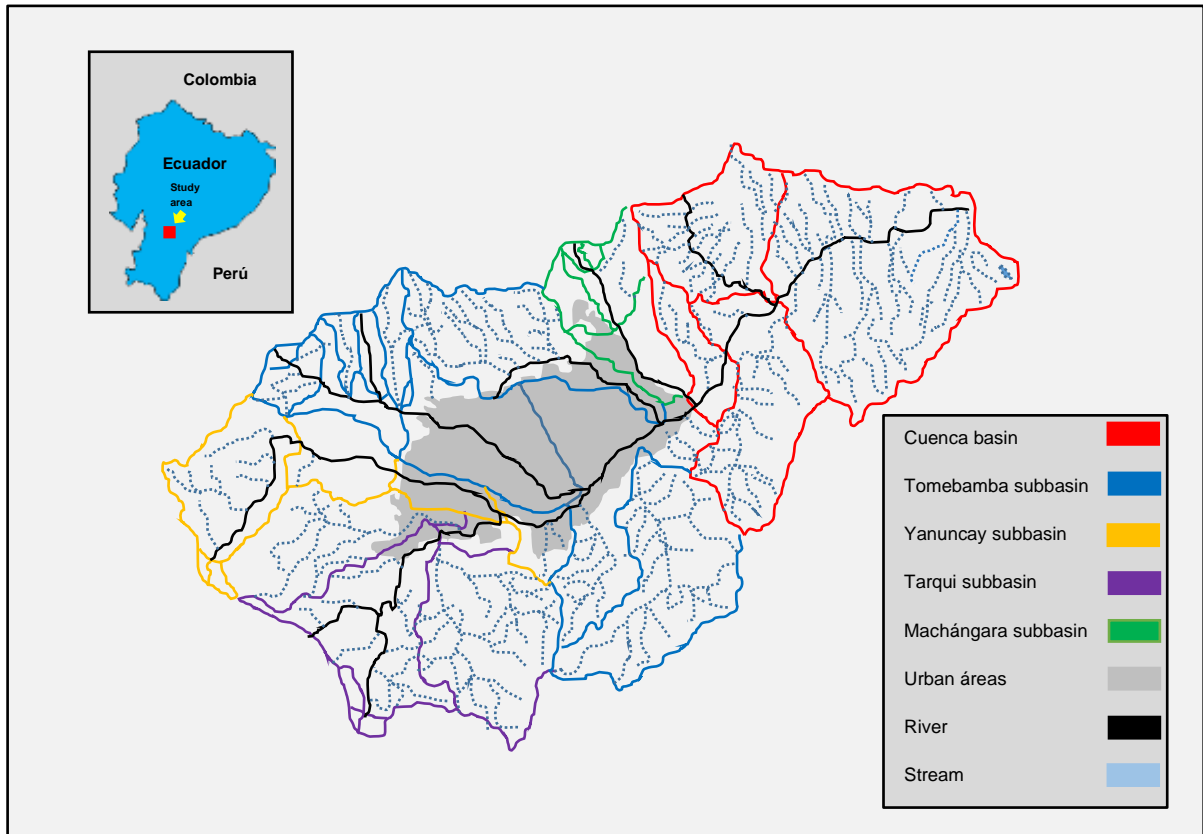


Figura 34: Cuencas y Subcuencas de Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador.
Fuente: El Autor

Con el fin de que un río sea apto para poder estudiarlo debe poseer características como: geomorfología, hidrología, medio ambiente, zona urbana, revisión cartográfica histórica, uso de los suelos, fotografías simbólicas de la ciudad y aspectos intangibles, todos estos elementos en conjunto se estudian, por lo tanto, se mapean y recopilan datos para ser almacenados en un centro de información. (Siguencia Avila & Rey Perez, 2016)

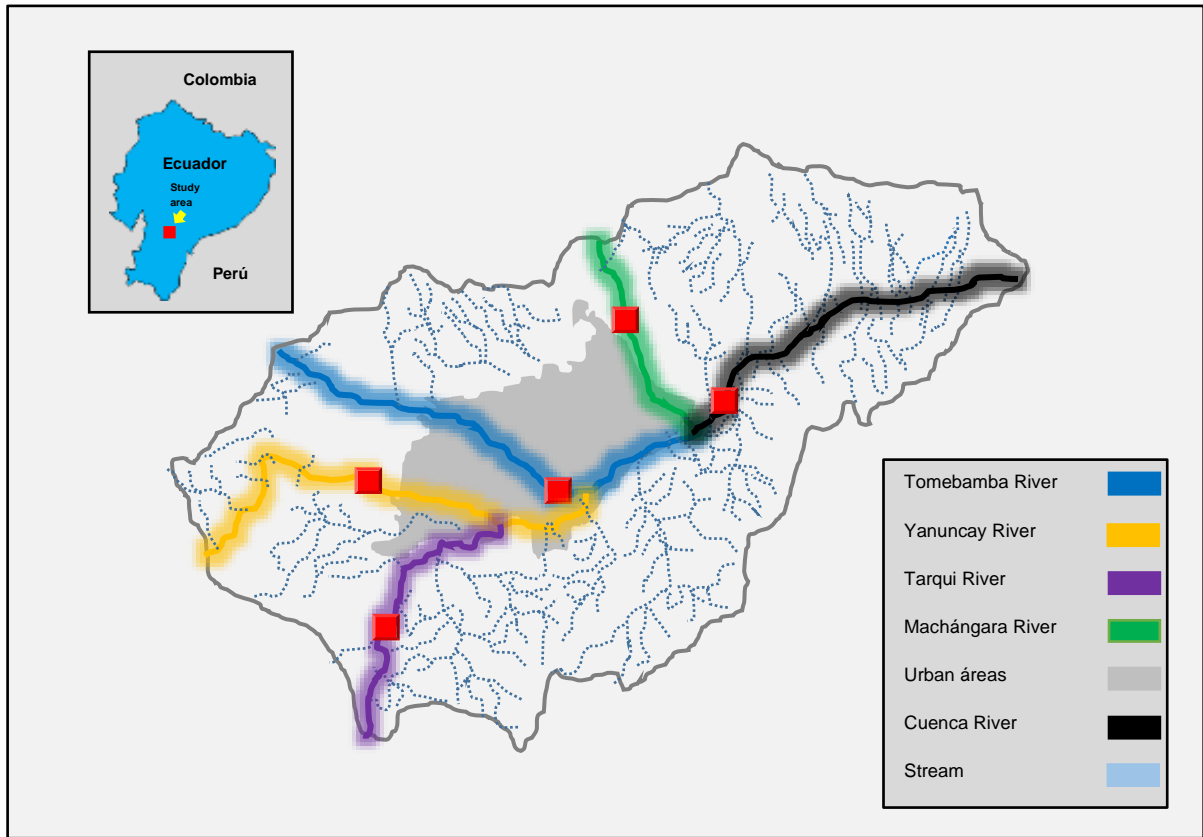


Figura 35: Ubicación de Turbinas Hidrocinéticas en puntos específicos de Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador.
Fuente: El Autor

El termino calidad de agua engloba un sinnúmero de propiedades ya sean físicas, químicas, biológicas, entre otras, estas se dividen en rangos para determinar su estatus de acuerdo al uso previsto.

Tabla 3: Índice de Calidad de Agua.

Índice de Calidad	Clasificación
91-100	Excelente
71-90	Buena
51-70	Media
26-50	Mala
0-25	Muy Mala

Fuente: El Autor

Tabla 4: Características de las cuencas de los Ríos de la ciudad de Cuenca-Ecuador.

	Río Tomebamba	Río Yanuncay	Río Machángara	Río Tarqui
Área de la Cuenca (km^2)	338.32	413.90	227.4	476.92
Caudal pico más alto registrado (m^3/s)	154.68	197.74	170.32	80.304
Caudal promedio de la serie (m^3/s)	8.55	7.75	6.20	3.21
Pendiente promedio	3.9%	2.5%	3.4%	2.2%
Elevación a la salida de la cuenca (msnm)	2480	2560	2400	2520
Elevación del punto más alto de la cuenca (msnm)	4400	4280	4400	3920

Fuente: (Llerena, 2014)

2.8.1. Río Tarqui

El río Tarqui recorre al Sur de Cuenca, este río se origina en Cumbe y en la parte alta de Victoria del Portete. (EcuRed, 2023b)



Figura 36: Río Tarqui. Cuenca-Ecuador.

Fuente: El Autor

2.8.1.1. Duraciones de Caudal del Río Tarqui

El caudal se presenta en periodos cortos de tiempo en el cual el caudal máximo va aumentando, debido a que a menor tiempo se presenta una mayor intensidad de caudal, la estabilización se da durante los 4 últimos meses donde el caudal es inferior a los $5 \text{ m}^3/\text{s}$.

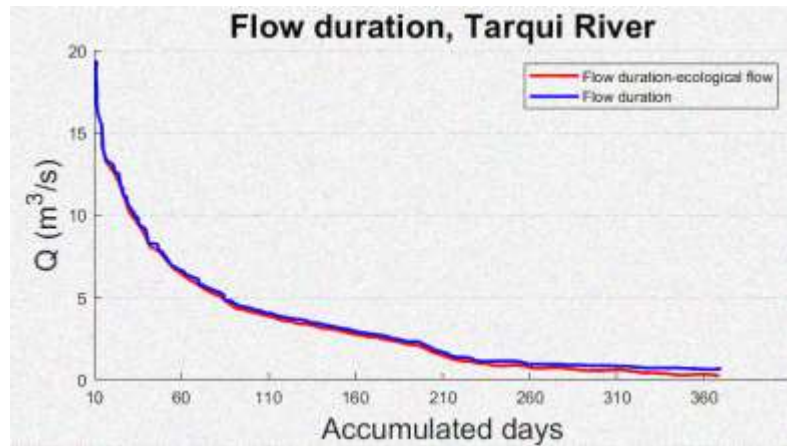


Figura 37: Duración de Caudal del Río Tarqui.
Fuente: El Autor

2.8.1.2. Aportes anuales del Río Tarqui

La figura 38 presenta la analítica de los reportes de agua estudiados año tras año, donde su aporte máximo alcanza los 460 m^3 .

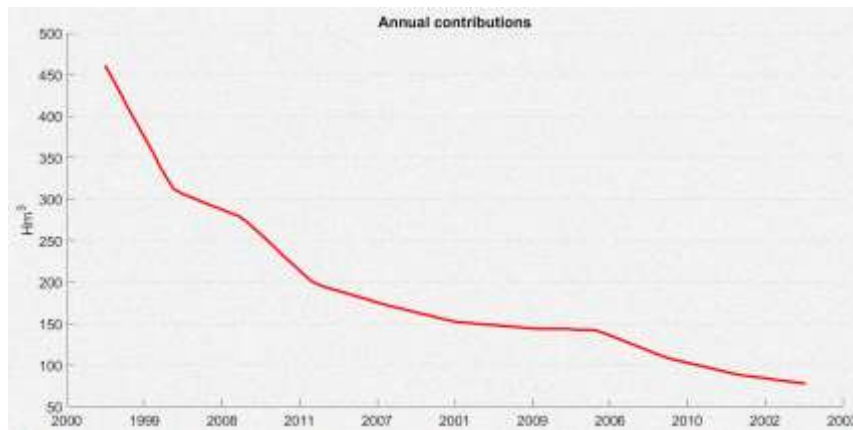
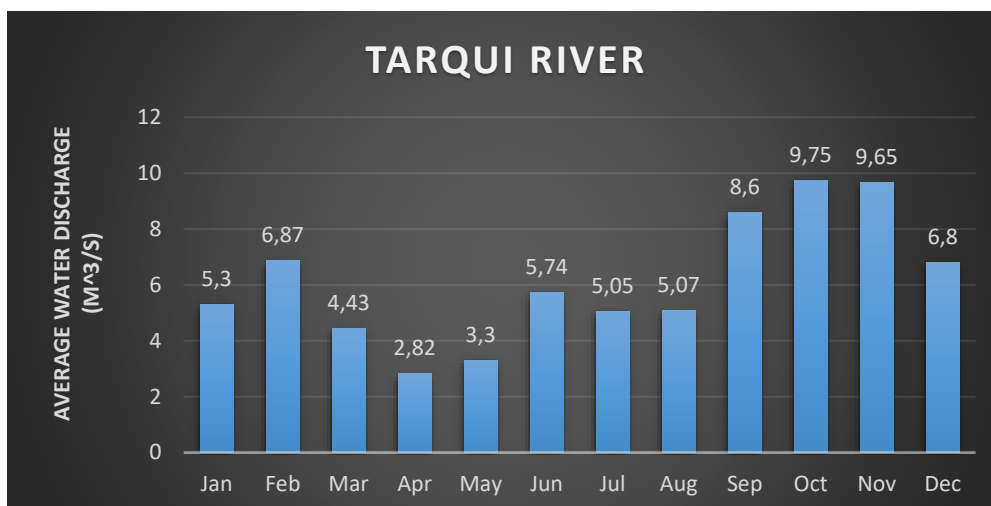


Figura 38: Contribución anual del Río Tarqui.
Fuente: El Autor

2.8.1.3. Descarga media de agua del Río Tarqui

La descarga de agua del río Tarqui varía anualmente según la estación que se presente, marcando en la figura 39 una gran descarga en los últimos cuatro meses del año.



*Figura 39: Descarga media del Río Tarqui.
Fuente: El Autor*

2.8.2. Río Yanuncay

Este río nace al Sur del Cajas específicamente en los páramos, con una altitud de 4000 m.s.n.m, el río Yanuncay desemboca en el río Tomebamba después de unirse con el río Machángara. (EcuRed, 2023d)



*Figura 40: Río Yanuncay. Cuenca-Ecuador.
Fuente: El Autor*

2.8.2.1. Duraciones de Caudal del Río Yanuncay

La variación de caudal muestra un mayor incremento debido a que sus aguas son torrencialmente fuertes, razón por la cual el río Yanuncay presenta un incremento notable en

épocas de invierno, mientras que se mantiene estable en verano con caudales inferiores a $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

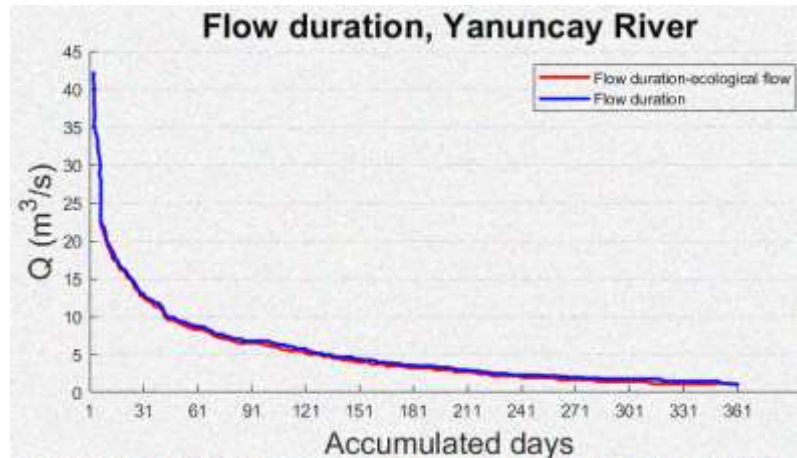


Figura 41: Duración de Caudal del Río Yanuncay.
Fuente: El Autor

2.8.2.2. Aportes anuales del Río Yanuncay

La *figura 42* presenta la analítica de los reportes de agua medidos en el río Yanuncay sabiendo que cuenta con grandes aportes hidrológicos, representando así una contribución máxima de 620 m^3 .

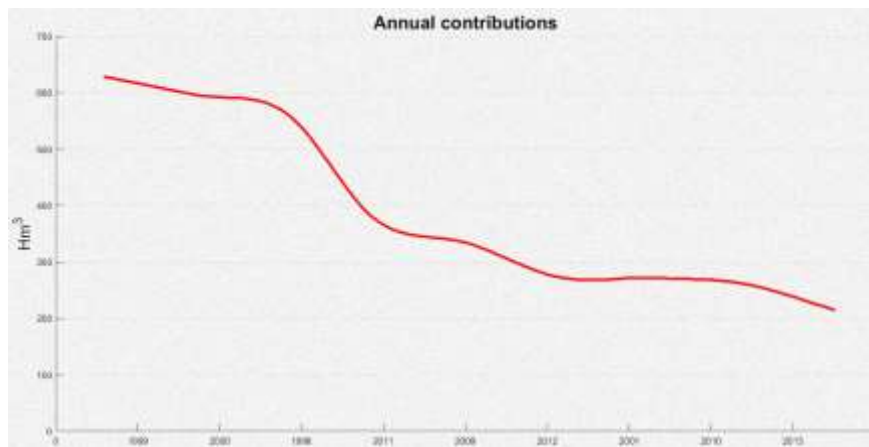
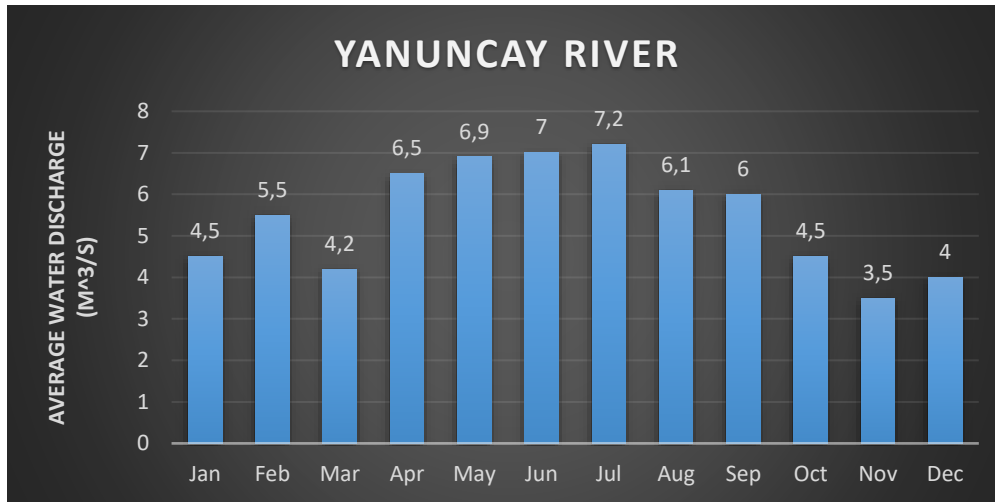


Figura 42: Contribución anual del Río Yanuncay.
Fuente: El Autor

2.8.2.3. Descarga media de agua del Río Yanuncay

La descarga de agua del río Yanuncay se mantiene constante a lo largo del año, por lo que se representa en la *figura 43* que en los meses intermedios presenta mayor descarga en comparación a los dos últimos meses donde se presenta un descenso minucioso sabiendo que es un río potente.



*Figura 43: Descarga media del Río Yanuncay.
Fuente: El Autor*

2.8.3. Río Tomebamba

El río Tomebamba nace del Parque Nacional Cajas y rodea al centro de Cuenca, este río posee una característica muy importante, cuando se junta con el Machángara llegan a formar el río Cuenca el cual desemboca en el río Paute. Las corrientes del río Tomebamba atraviesan el Amazonas y posteriormente al Océano Atlántico. (EcuRed, 2023c)



*Figura 44: Río Tomebamba. Cuenca-Ecuador.
Fuente: El Autor*

2.8.3.1. Duraciones de Caudal del Río Tomebamba

El río Tomebamba es caracterizado por poseer una de las torrenciales más fuertes, debido a que sus caudales presentan un valor elevado a los demás ríos, con corrientes exageradas que en la mayoría de los casos ha sido causante de varios desbordamientos afectando así en

gran medida a la población, mientras que en épocas de verano su caudal se tranquiliza un poco con caudales inferiores a $15 \text{ m}^3/\text{s}$.

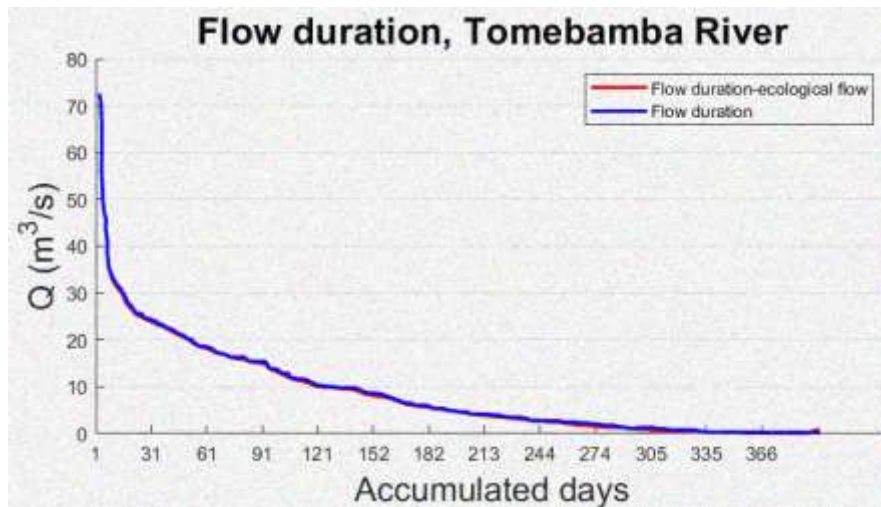


Figura 45: Duración de Caudal del Río Tomebamba.
Fuente: El Autor

2.8.3.2. Aportes anuales del Río Tomebamba

La *figura 46* presenta la analítica de los reportes de agua del río Tomebamba, siendo prevalente sobre los demás por su gran característica al ser el río más influyente, ya que cuenta con un aporte elevado de 650 m^3 .

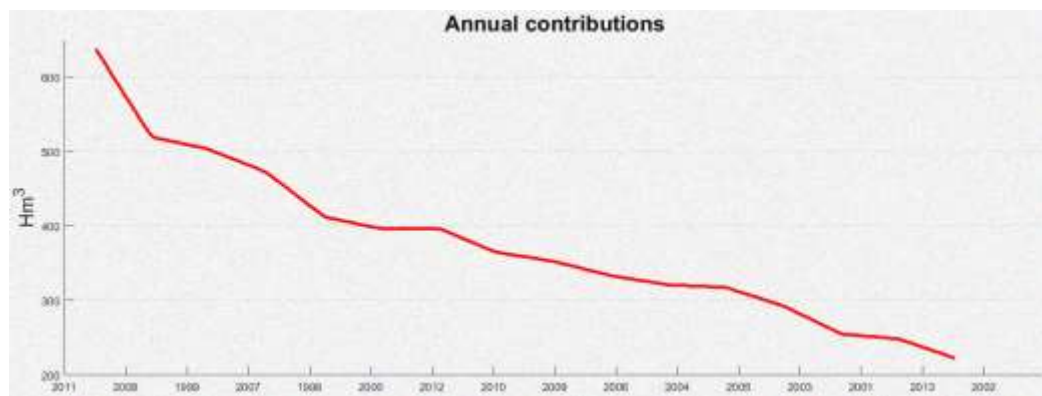


Figura 46: Contribución anual del Río Tomebamba.
Fuente: El Autor

2.8.3.3. Descarga media de agua del Río Tomebamba

La descarga de agua del río Tomebamba presenta variantes debido a sus caudales intensos a lo largo del año, esto demuestra que el río Tomebamba conjuntamente con el río Yanuncay son los más importantes e influyentes.

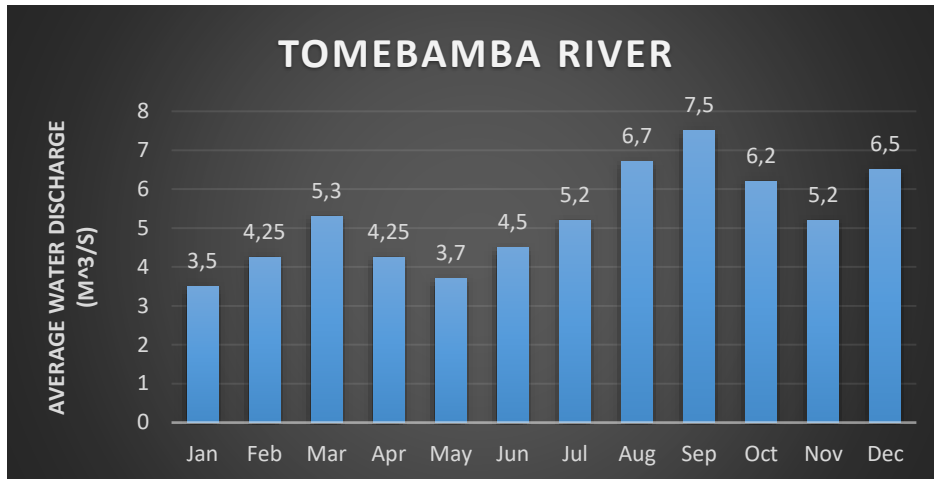


Figura 47: Descarga media del Río Tomebamba.
Fuente: El Autor

2.8.4. Río Machángara

El río Machángara nace del Norte del Cajas y se distribuye por el norte de la ciudad, este río tiene la capacidad de proporcionar 1000 l/s para el suministro de agua potable para la ciudad. (EcuRed, 2023a)



Figura 48: Río Machángara. Cuenca-Ecuador.
Fuente: El Autor

2.8.4.1. Duraciones de Caudal del Río Machángara

El río Machángara es uno de los más pacíficos en comparación a los ríos ya mencionados anteriormente, lo que le hace diferente son sus corrientes inferiores a $7 \text{ m}^3/\text{s}$, en la figura 49

que representa el caudal en un lapso de dos años, se observa que su caudal no sobrepasa los $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

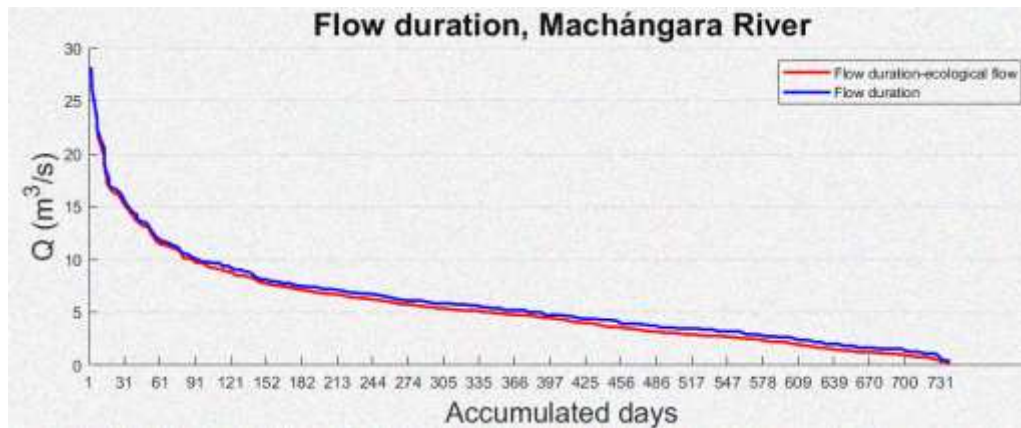


Figura 49: Duración de Caudal del Río Machángara.
Fuente: El Autor

2.8.4.2. Aportes anuales del Río Machángara

La *figura 50* presenta la analítica de los reportes de agua del río Machángara, contando con una peculiaridad muy importante, debido a que es el río que cuenta con una menor contribución (400 m^3) en comparación a los otros ríos.

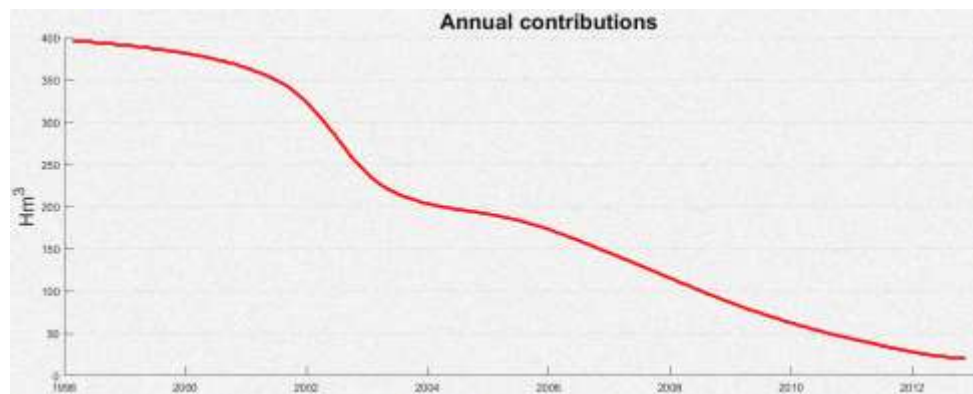


Figura 50: Contribución anual del Río Machángara.
Fuente: El Autor

2.8.4.3. Descarga media de agua del Río Machángara

La descarga de agua del río Machángara presenta una descarga moderada en comparación con los demás ríos al ser el río menos caudaloso.

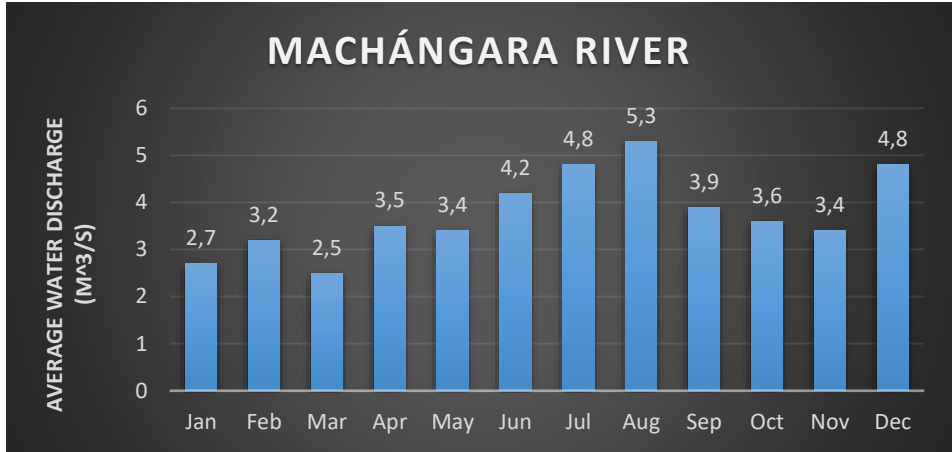


Figura 51: Descarga media del Río Machángara.
Fuente: El Autor

2.9. Análisis de Velocidad de Viento en Ríos de la Ciudad de Cuenca

La ciudad de Cuenca presenta variantes en cuanto al promedio de la velocidad del viento de acuerdo a las diferentes estaciones en el lapso del año.

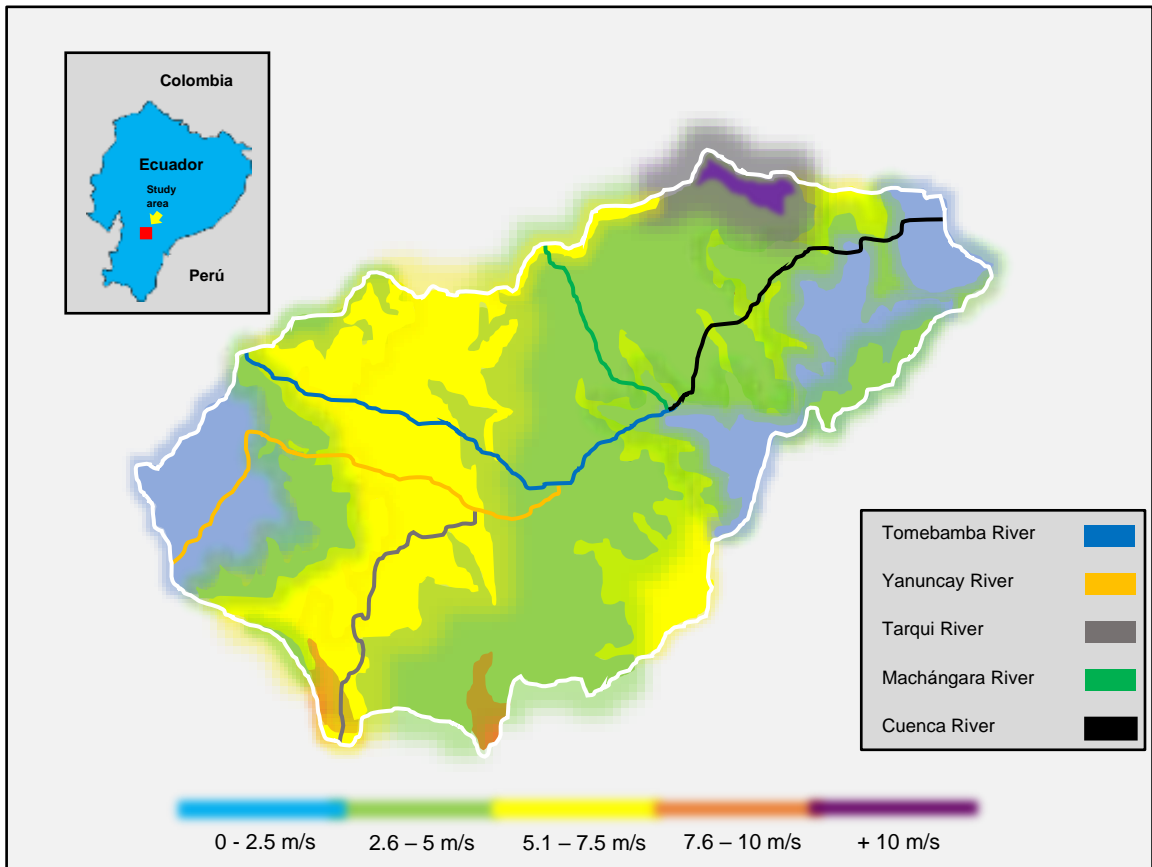


Figura 52: Velocidad de Viento en zonas colindantes de la Ciudad de Cuenca-Ecuador.
Fuente: El Autor

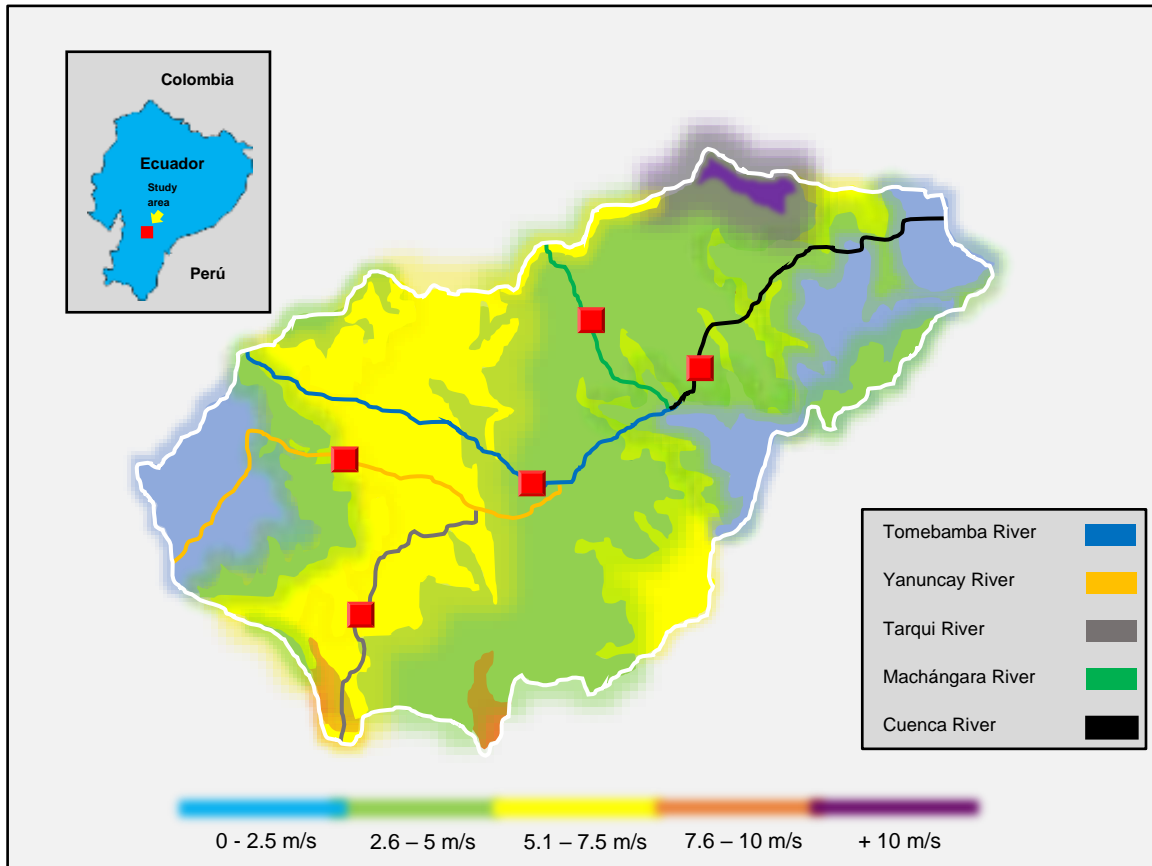


Figura 53: Ubicación de Turbinas Eólicas en puntos específicos de Ríos de la ciudad de Cuenca-Ecuador.
Fuente: El Autor

En el transcurso del año existe una zona ventosa que comienza en mayo y culmina en septiembre, con un intervalo de velocidades media de más de 9,7 km/h. Julio es caracterizado por ser el mes con mayor ventosidad y presentar vientos con una velocidad de 13,7 km/h. El periodo más relajado del año dura 8 meses, mientras que noviembre es el mes más sereno debido a que presenta vientos con velocidades de 5,4 km/h.

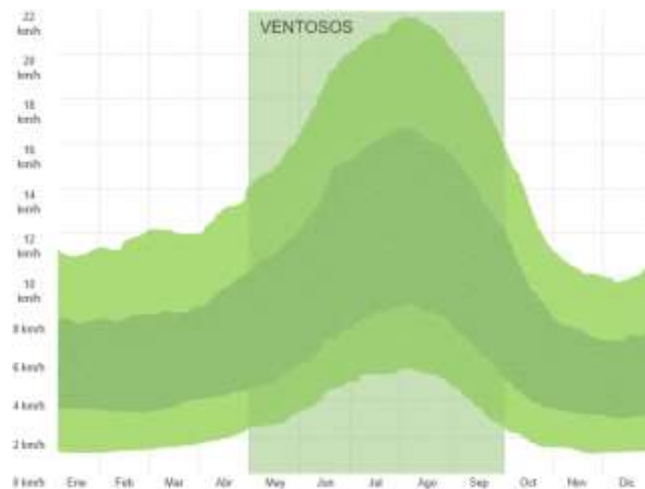


Figura 54: Velocidad promedio del viento en Cuenca-Ecuador.
Fuente: (Weather, 2023)

La orientación del viento promedio por hora sobresaliente en la ciudad de Cuenca es del este en el año.

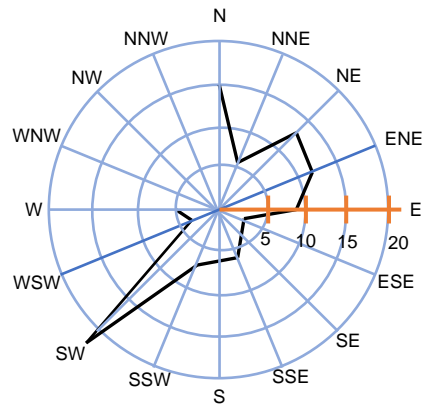


Figura 55: Rosa de viento de la Ciudad de Cuenca-Ecuador.
Fuente: (Weather, 2023)

El porcentaje de horas en las que la trayectoria del viento aparece de los 4 ejes cardinales, sin contar las horas en las que la velocidad media del viento se expresa con menos de 1,6 kilómetros por hora. Las zonas de la intensidad de colores claros marcados en los límites son el porcentaje de horas que atraviesa en las trayectorias: noreste-sureste-suroeste-noroeste.

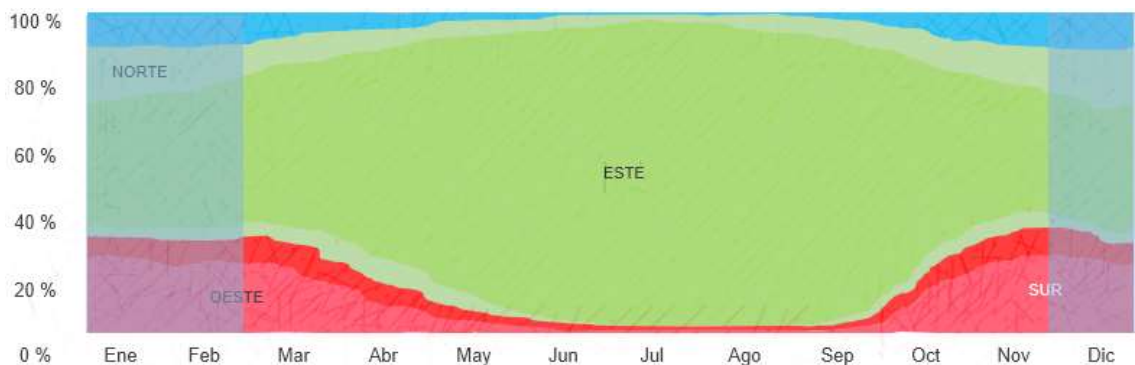


Figura 56: Dirección del viento en Cuenca-Ecuador.
Fuente: (Weather, 2023)

Las siguientes figuras representan la velocidad del viento por hora de los sitios elegidos en este estudio, obteniendo los resultados con la ayuda de un anemómetro.

2.9.1. Velocidad de Viento del Río Cuenca

La medición de la velocidad del viento medidos en horas donde presentan variaciones en las diferentes épocas del año, marcando en épocas de invierno vientos fuertes que alcanzan los 10 m/s, mientras que en verano las velocidades son menores a 5 m/s.

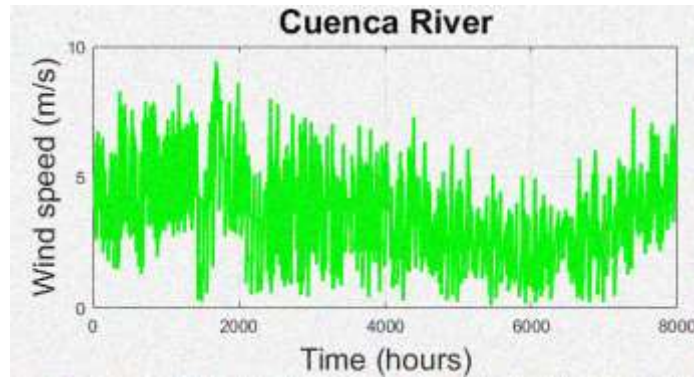


Figura 57: Velocidad de Viento del Río Cuenca.
Fuente: El Autor

2.9.2. Velocidad de Viento del Río Tarqui

Se presenta la velocidad del viento en el cual existe descendientes, mostrando así los picos en época de verano y su velocidad promedio oscila entre los 4 y 6 m/s durante el año.

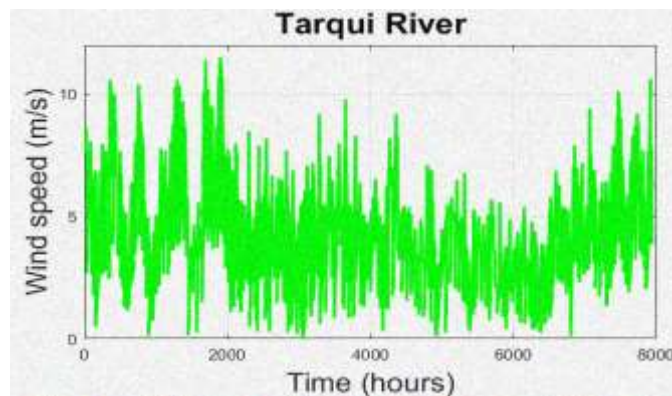


Figura 58: Velocidad de Viento del Río Tarqui.
Fuente: El Autor

2.9.3. Velocidad de Viento del Río Yanuncay

La analítica de la velocidad del río Yanuncay presenta intervalos en invierno con vientos aproximados a los 8 m/s, y en verano con vientos de menores a 4 m/s.

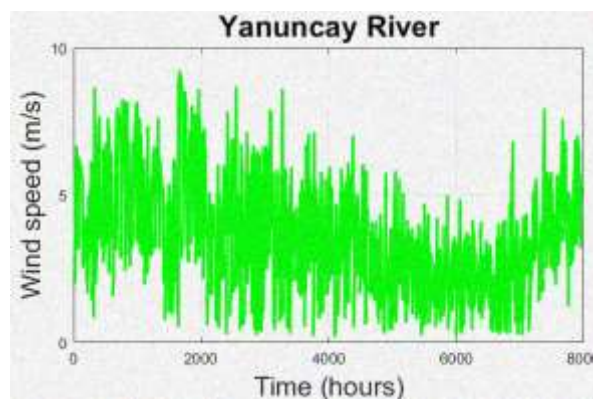


Figura 59: Velocidad de Viento del Río Yanuncay.
Fuente: El Autor

2.9.4. Velocidad de Viento del Río Tomebamba

En el análisis de la velocidad del viento supera los 11 m/s en los primeros meses del año, mientras que es muy notable la disminución del viento en meses posteriores.

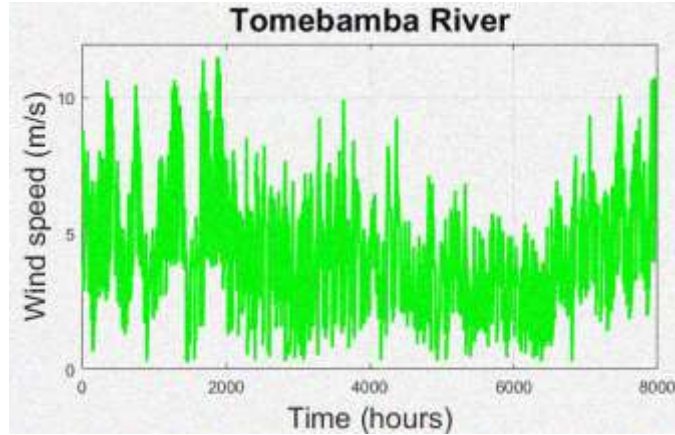


Figura 60: Velocidad de Viento del Río Tomebamba.
Fuente: El Autor

2.9.5. Velocidad de Viento del Río Machángara

Con relación a la velocidad de viento de río Machángara, presenta picos constantes y con velocidades menores a 2 m/s.

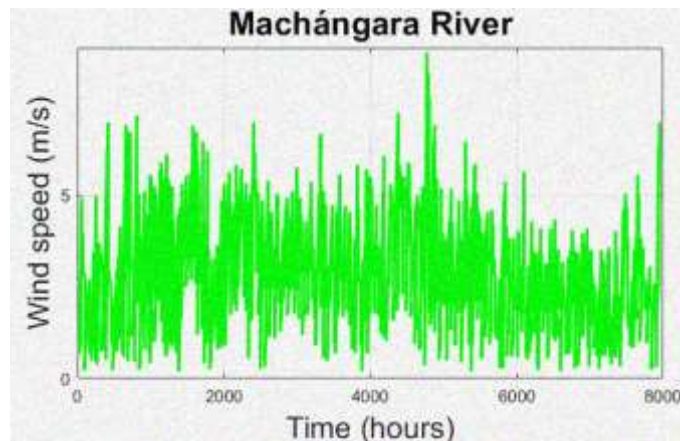


Figura 61: Velocidad de Viento del Río Machángara.
Fuente: El Autor

2.10. Análisis de Radiación Solar en la Ciudad de Cuenca

Fundamentalmente el sol es la fuente primordial de energía para la tierra, su proceso se da por medio de técnicas de fusión nuclear internamente, causando así temperaturas elevadas, debido a esto la superficie terrestre cuenta con una temperatura de 250° C más elevada de lo que concurriría si solo del calor interno precisara. (Orellana & Jacqueline, 2015)

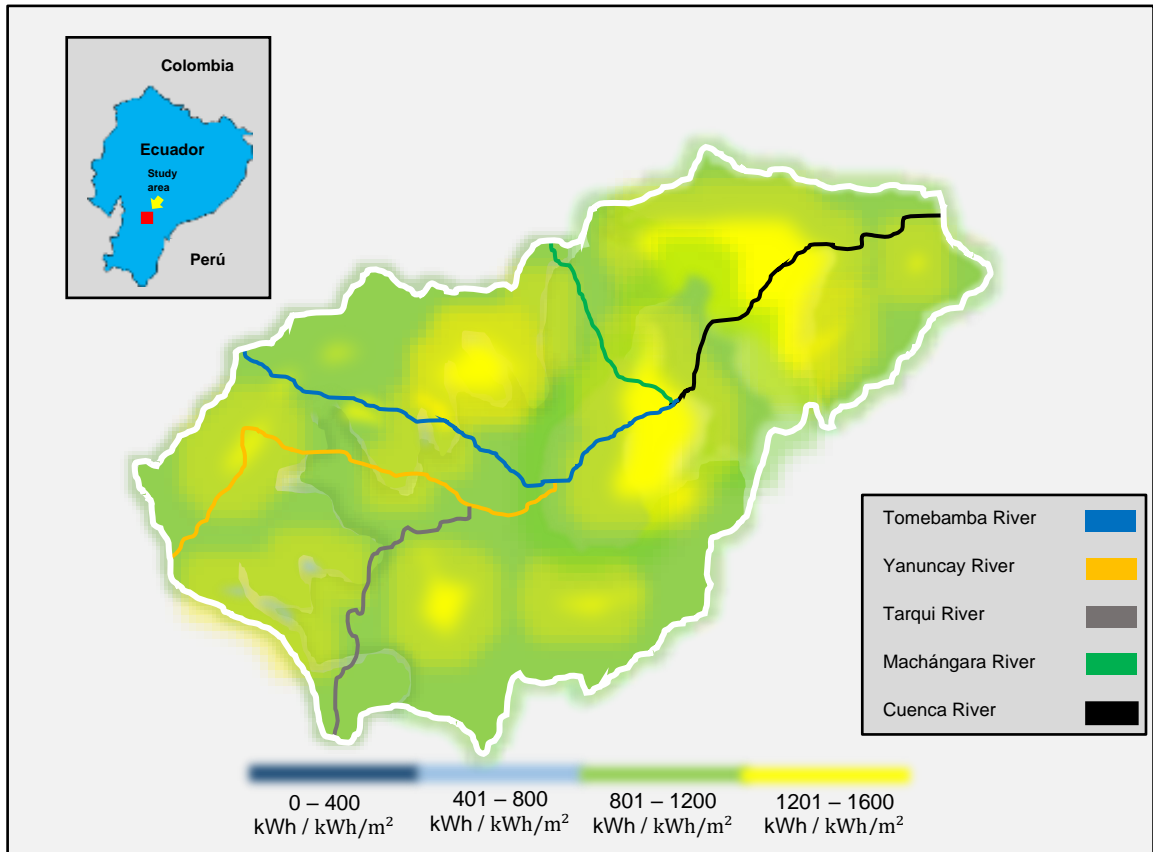


Figura 62: Radiación Solar en zonas colindantes de la Ciudad de Cuenca-Ecuador.
 Fuente: El Autor

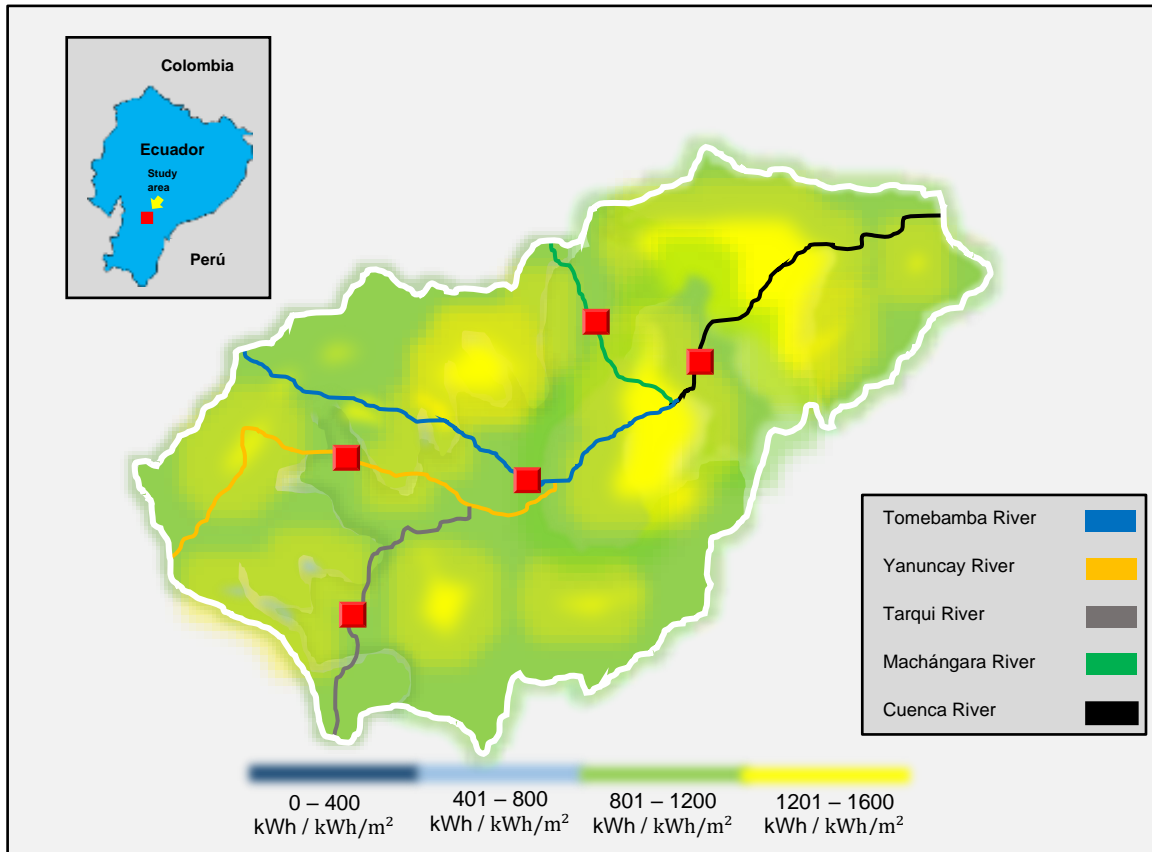


Figura 63: Ubicación de Paneles Solares en puntos específicos de Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador.
 Fuente: El Autor

La duración del día en Cuenca es de aproximadamente 12 horas con 17 minutos, en el 2023, el mes de junio cuenta con días más cortos con duraciones aproximadas de 11 horas y 57 minutos de luz natural, por otro lado, diciembre cuenta con días más largos con duraciones aproximadas de 12 horas y 18 minutos de luz natural.

La duración del día también tiene que ver con la distinta estación en la que se encuentre.



Figura 64: Horas de luz natural en Cuenca.
 Fuente: (Weather, 2023)

Las siguientes figuras representan la insolación horaria de cada sitio seleccionado para el estudio.

2.10.1. Hora de Insolación del Río Cuenca

En la siguiente *figura 65* se demuestra la insolación solar (W/m^2) captada en el transcurso de las horas, donde los primeros meses la radiación se mantiene constante, posteriormente se evidencia la variación de picos acorde a cada estación mostrando así un promedio aproximado de $850 (W/m^2)$. Cabe recalcar que, durante el día, el mayor índice de radiación emanada se presenta al medio día entre las 12h00 pm y 01h00 pm.

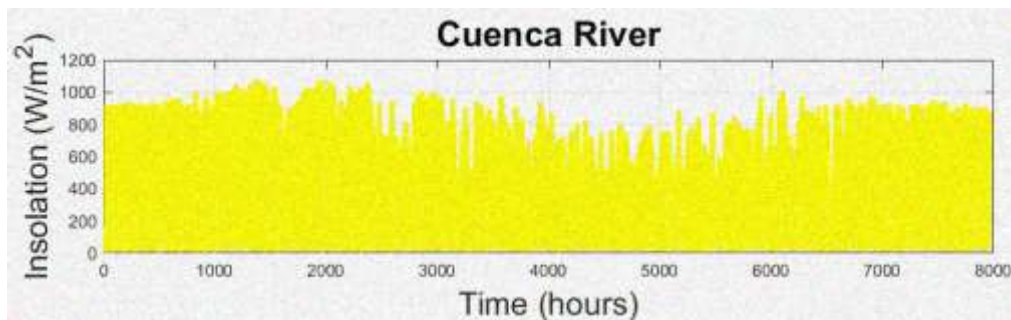


Figura 65: Hora de Insolación del Río Cuenca.
Fuente: El Autor

2.10.2. Hora de Insolación del Río Tarqui

La *figura 66* representa la radiación captada, donde los primeros meses su índice es bajo comparado con los meses posteriores en los que se evidencia la disminución progresiva de la radiación. Obteniendo así una estimación de $750 (W/m^2)$ a lo largo del año.

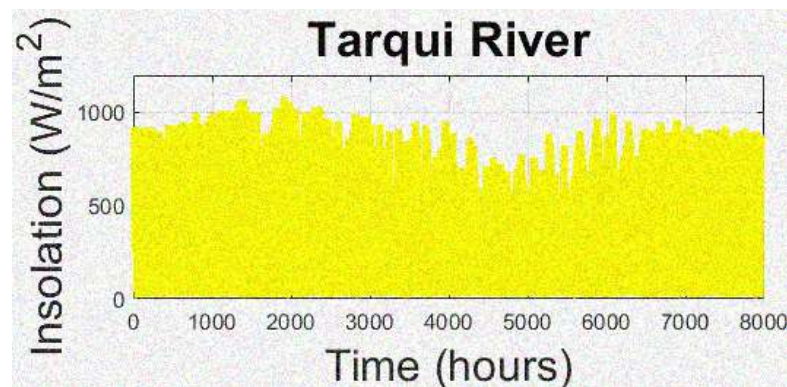


Figura 66: Hora de Insolación del Río Tarqui.
Fuente: El Autor

2.10.3. Hora de Insolación del Río Yanuncay

En la *figura 67* se simboliza la constante radiación a lo largo del año en el cuál su promedio oscila entre $800 (W/m^2)$ haciendo énfasis en la disminución de picos en comparación con otros sectores.

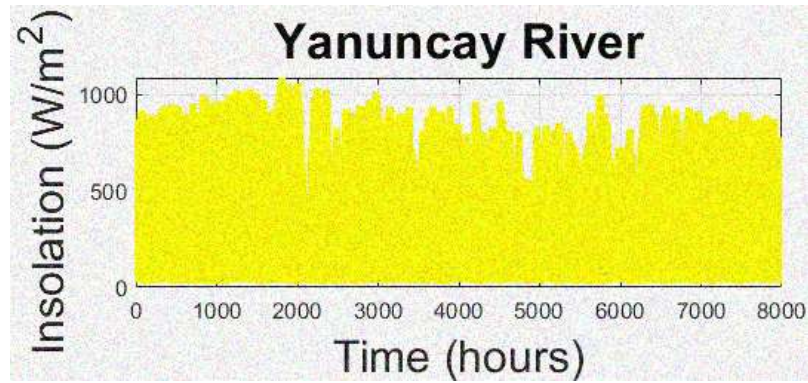


Figura 67: Hora de Insolación del Río Yanuncay.
Fuente: El Autor

2.10.4. Hora de Insolación del Río Tomebamba

En la *figura 68* se presenta un alto índice de radiación solar con un promedio aproximado de $760 \text{ (W/m}^2\text{)}$, el cual junto al sector del río Yanuncay presentan el mayor promedio de radiación solar.

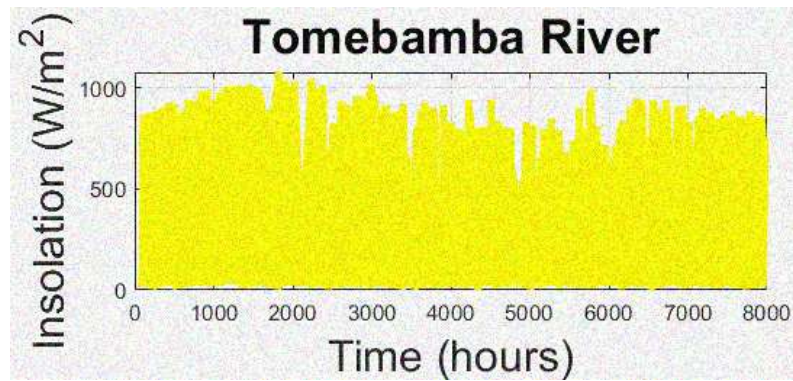


Figura 68: Hora de Insolación del Río Tomebamba.
Fuente: El Autor

2.10.5. Hora de Insolación del Río Machángara

En la *figura 69* se presenta la variación creciente y decreciente a lo largo de año mostrando así una discontinuidad, el promedio aproximado es de $770 \text{ (W/m}^2\text{)}$.

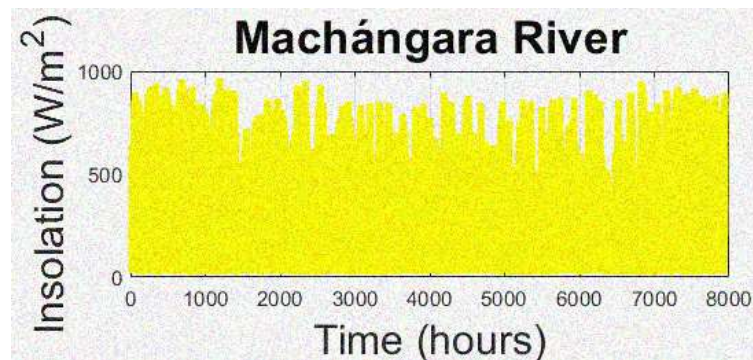


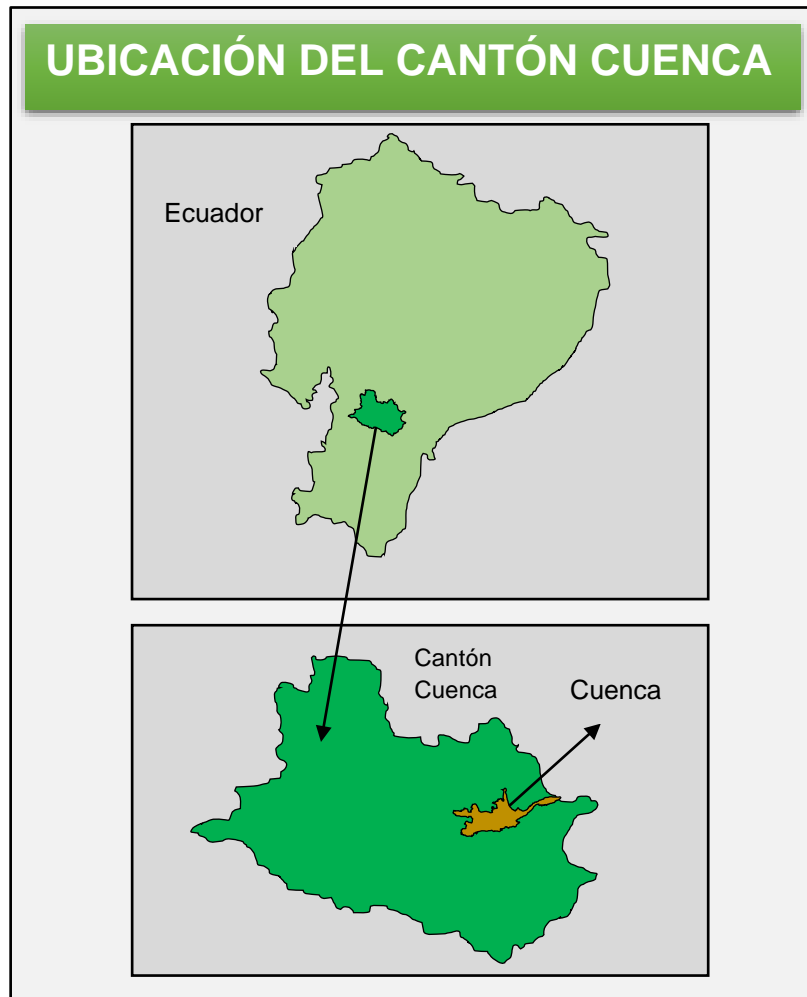
Figura 69: Hora de Insolación del Río Tomebamba.
Fuente: El Autor

Tabla 5: Radiación Solar Global estimada y Amplitud Térmica en la Ciudad de Cuenca-Ecuador.

Lugar	Radiación solar global estimada ($MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$)	Amplitud térmica
Baños	13,654	8,305
Chaucha	14,553	6,382
Cumbe	14,853	9,601
Llacao	16,492	10,634
Molleturo	18,341	9,223
Nulti	17,086	10,481
Quingeo	15,012	9,798
San Joaquín	14,539	10,282
Santa Ana	14,274	11,604
Sayausí	14,785	10,379
Sinincay	15,485	9,638
Turi	14,773	10,872

Fuente: El Autor

2.11. Análisis de zonas adecuadas para su implementación



*Figura 70: Ubicación del Cantón Cuenca-Ecuador.
Fuente: El Autor*

2.11.1. Río Tomebamba

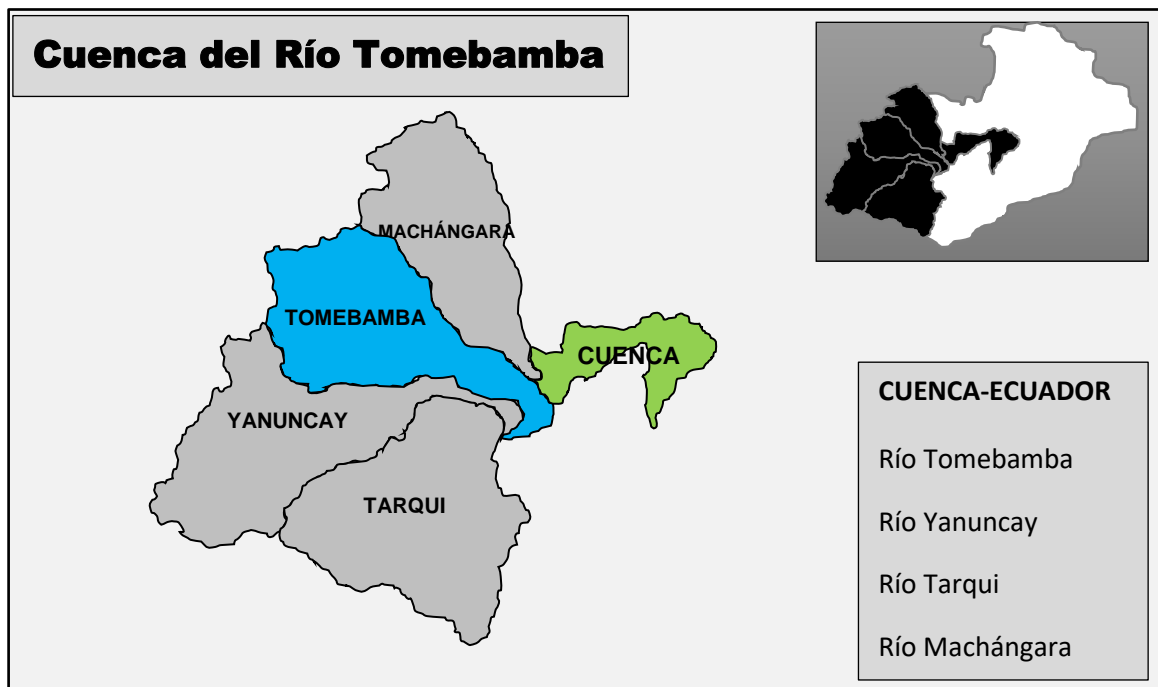


Figura 71: Zona de estudio ubicado en el Río Tomebamba.
Fuente: El Autor

Tabla 6: Coordenadas Geográficas del Río Tomebamba.

Río	Altura máxima	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
	2701	-2,876708	-79,07016633818
Tomebamba	2485	-2,907036	-78,98494322096

Fuente: El Autor

El desnivel natural de este recurso es de 216 m.



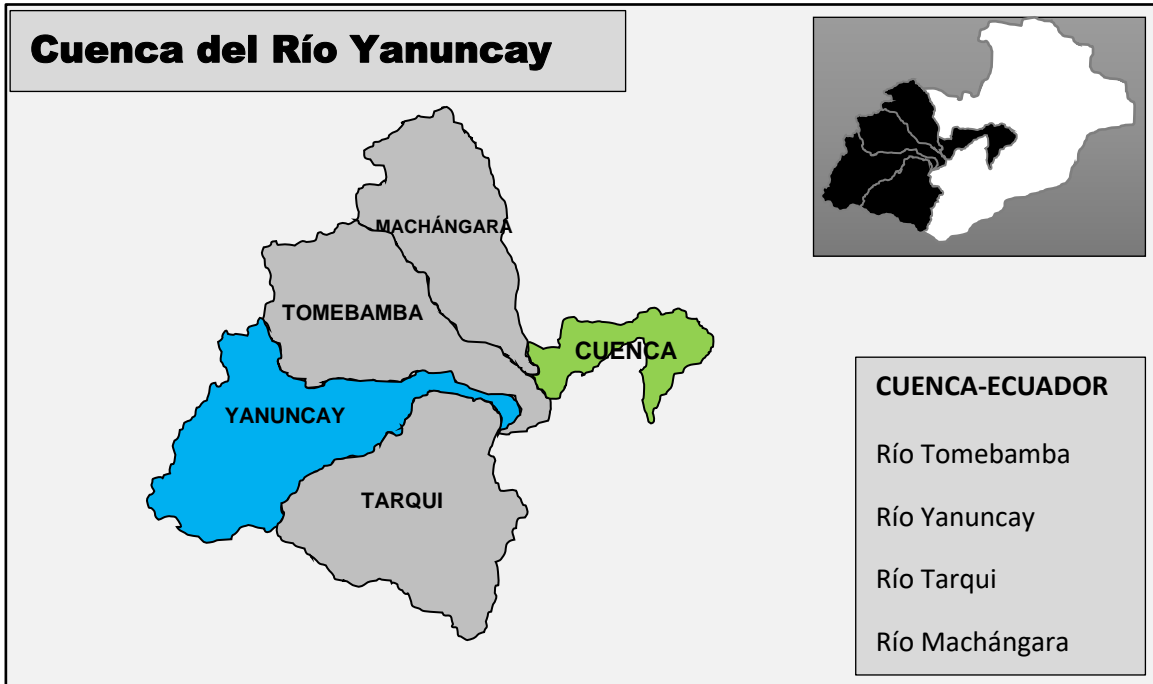
Figura 72: Zona de implementación del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en el Río Tomebamba.
Fuente: El Autor

Tabla 7: Coordenadas Geográficas del Sistema Híbrido PV/WT/HKT a implementarse en el Río Tomebamba.

Río	Ubicación de implementación	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
Tomebamba	Parque Paraíso Av. Pumapungo	-2,908145	-78,988942

Fuente: El Autor

2.11.2. Río Yanuncay



*Figura 73: Zona de estudio ubicado en el Río Yanuncay.
Fuente: El Autor*

Tabla 8: Coordenadas Geográficas del Río Yanuncay.

Río	Altura máxima	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
	2588	-2,9182963	-79,03334654785
Yanuncay	2516	-2,915707	-79,00233785663

Fuente: El Autor

El desnivel natural de este recurso es de 72 m.



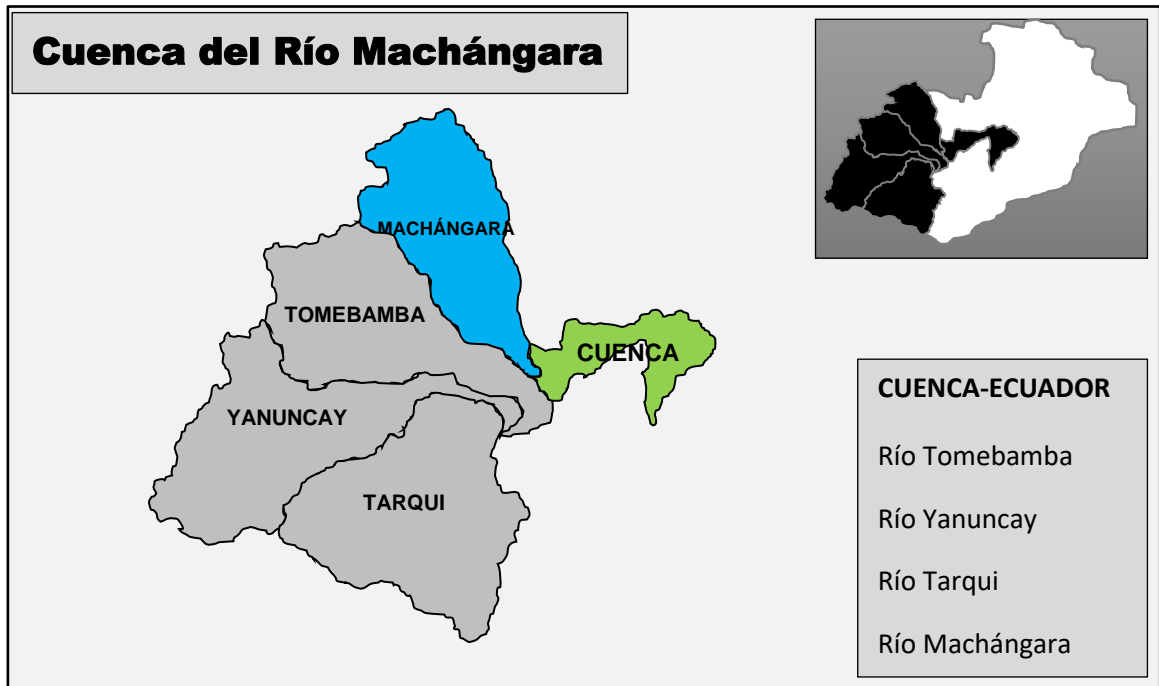
Figura 74: Zona de implementación del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en el Río Yanuncay.
 Fuente: El Autor

Tabla 9: Coordenadas Geográficas del Sistema Híbrido PV/WT/HKT a implementarse en el Río Yanuncay.

Río	Ubicación de implementación	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
Yanuncay	Parque lineal 1ro de mayo Av. Primero de Mayo	-2,9081767	-79,0214189

Fuente: El Autor

2.11.3. Río Machángara



*Figura 75: Zona de estudio ubicado en el Río Machángara.
Fuente: El Autor*

Tabla 10: Coordenadas Geográficas del Río Machángara.

Río	Altura máxima	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
	2621	-2,826033	-78,98669454729
Machángara	2431	-2,886385	-78,95490905516

Fuente: El Autor

El desnivel natural de este recurso es de 190 m.



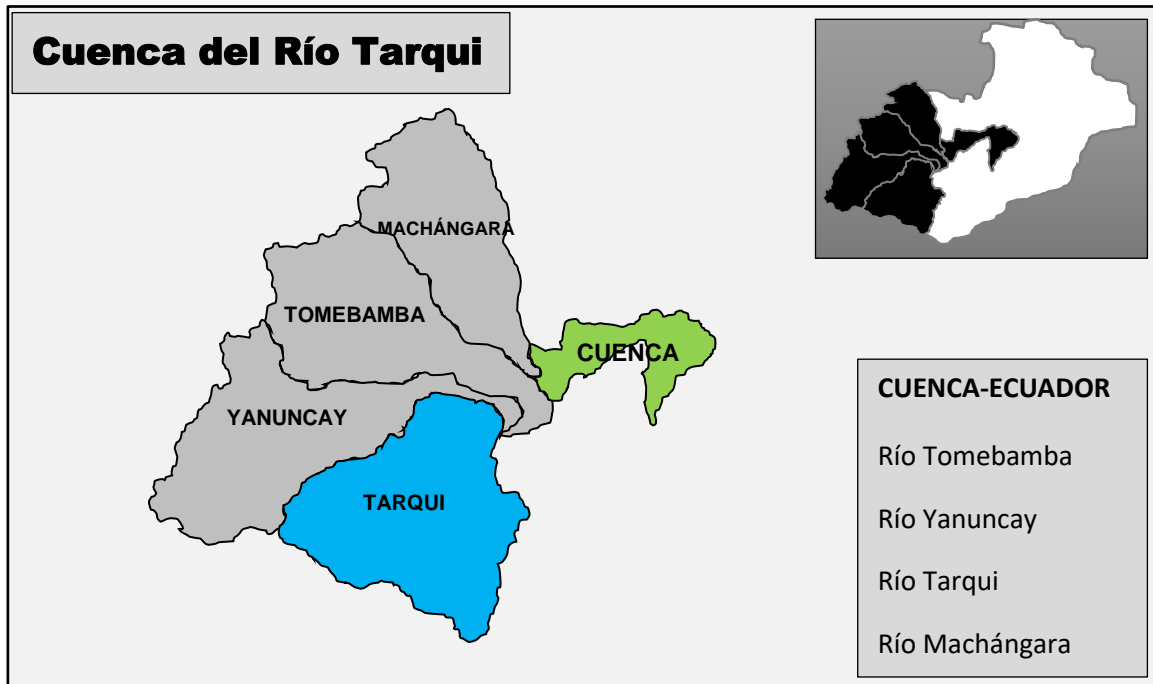
Figura 76: Zona de implementación del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en el Río Machángara.
Fuente: El Autor

Tabla 11: Coordenadas Geográficas del Sistema Híbrido PV/WT/HKT a implementarse en el Río Machángara.

Río	Ubicación de implementación	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
	Parque Industrial		
Machángara	Av. de los Migrantes	-2,8721854	-78,9749698

Fuente: El Autor

2.11.4. Río Tarqui



*Figura 77: Zona de estudio ubicado en el Río Tarqui.
Fuente: El Autor*

Tabla 12: Coordenadas Geográficas del Río Tarqui.

Río	Altura máxima	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
	2574	-2,930804	-79,04007302399
Tarqui	2516	-2,915707	-79,00233785663

Fuente: El Autor

El desnivel natural de este recurso es de 58m.



Figura 78: Zona de implementación del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en el Río Tarqui.
Fuente: El Autor

Tabla 13: Coordenadas Geográficas del Sistema Híbrido PV/WT/HKT a implementarse en el Río Tarqui.

Río	Ubicación de implementación	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
Tarqui	Parque Tarqui Guzho Av. Doce de Octubre	-2,9193924	-79,0256841

Fuente: El Autor

2.11.5. Río Cuenca

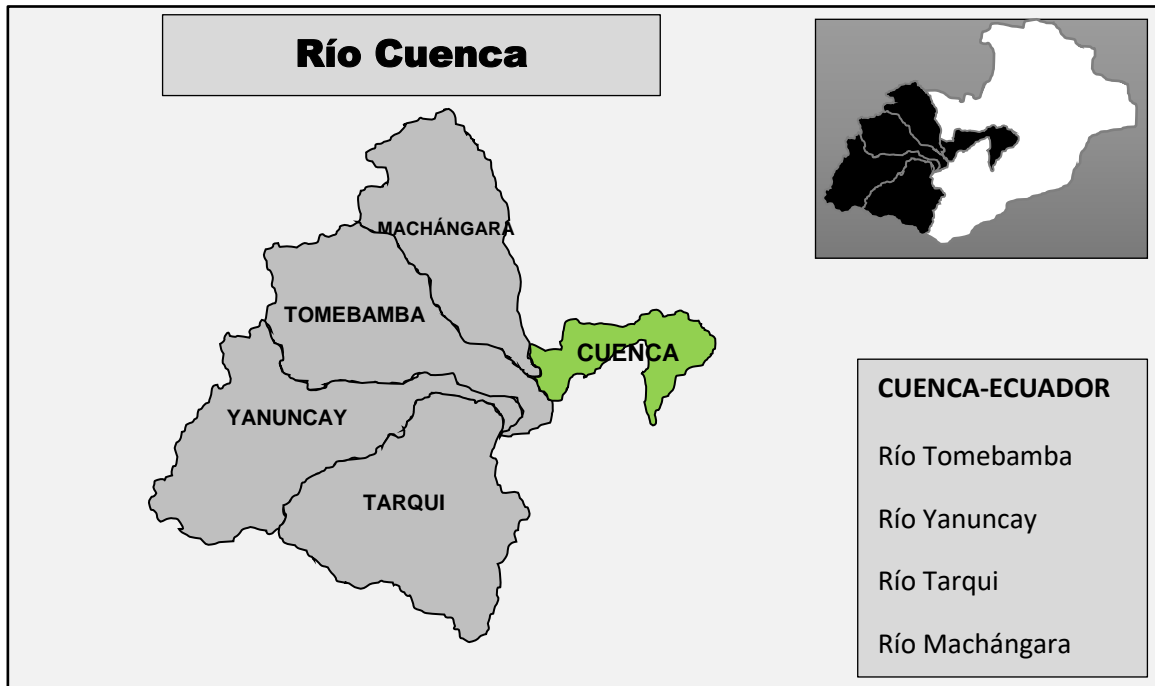


Figura 79: Zona de estudio ubicado en el Río Cuenca.
Fuente: El Autor



Figura 80: Zona de implementación del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en el Río Cuenca.
Fuente: El Autor

Tabla 14: Coordenadas Geográficas del Sistema Híbrido PV/WT/HKT a implementarse en el Río Cuenca.

Río	Ubicación de implementación	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
Cuenca	Parque lineal Roma	-2,8863089	-78,9523817

Fuente: El Autor

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DEL SISTEMA HÍBRIDO

3.1. Cálculos de Energía Solar Fotovoltaica

La salida de energía fotovoltaica se fórmula mediante la siguiente ecuación: (Li et al., 2022)

$$P_i^S = \chi \left(\frac{R_i^S}{R_{stc}^S} \right) [1 + \alpha_p (T_i - T_{stc})] \quad (1)$$

Donde:

P_i^S es la producción de energía fotovoltaica promedio en el periodo i ;

χ es la capacidad instalada de la planta de energía solar;

R_i^S es la radiación solar mundial del periodo i ;

R_{stc}^S es la radiación solar global en condiciones de prueba estándar $1000 \text{ MJ}/\text{m}^2 \text{ d}$;

α_p es el potencial de temperatura, factor de conversión $-0.35\%/^{\circ}\text{C}$

T_i es la temperatura del panel solar de periodo i ; y

T_{stc} es la temperatura del aire bajo condiciones de prueba estándar, 25°C . (Li et al., 2022)

La radiación captada por los paneles solares emitidas durante el día, indica que existe mayor prevalencia durante el medio día entre las 12:00 pm hasta las 16:00 pm, en el cual los rayos solares son más intensos, provocando así un funcionamiento óptimo en los paneles distribuidos en puntos claves a lo largo de los ríos de la ciudad de Cuenca, es muy importante realizar mantenimiento cada cierto tiempo para obtener su mayor potencial y gozar de sus beneficios, evitando así el deterioro de los mismos. Cabe recalcar que la ciudad de Cuenca es caracterizada por poseer dos estaciones climáticas dando como resultado un mayor rendimiento de los paneles solares en épocas de verano alcanzando efectividad superando el

80 % de radiación captada, mientras que en invierno disminuye la capacidad de generación solar de un 10% a un 20 % debido a sus días nublados, esto no quiere decir que no exista suficiente demanda de generación solar.

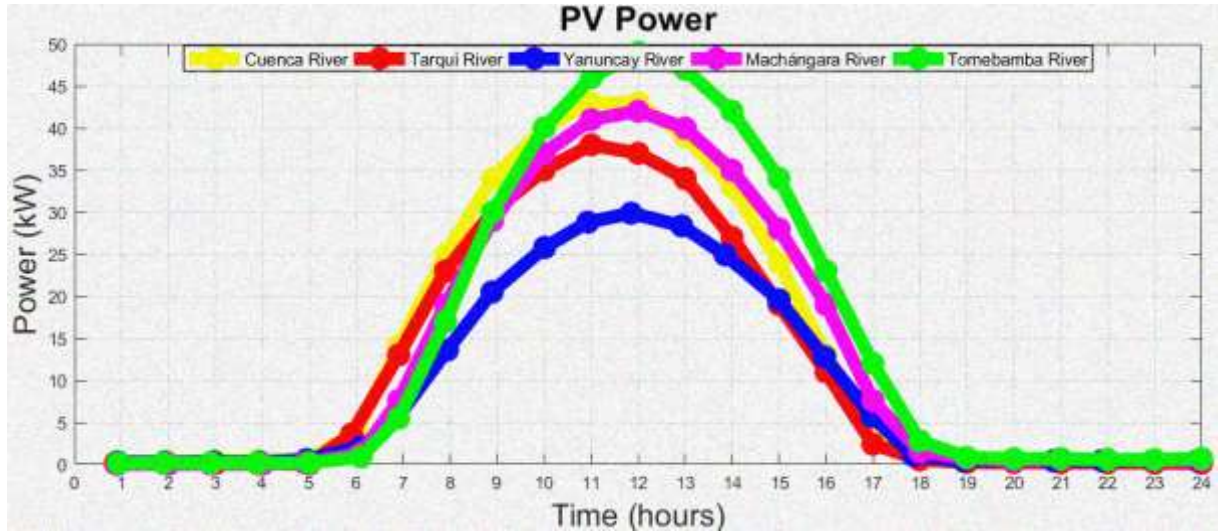


Figura 81: Perfiles del Potencial Solar aprovechable en las zonas de estudio.
Fuente: El Autor

Cabe recalcar que el río Tomebamba presenta mayor prevalencia sobre los demás ríos debido a su ubicación geográfica, razón por la cual capta mayor radiación solar. Por otro lado, el río Yanuncay presenta menor disposición a la radiación solar ya que el trayecto de la luz solar se dirige de este hacia el oeste lo que significa que no existe mayor predominio solar en esta zona.

El promedio del potencial energético aprovechable de cada sector cercano a los ríos es de 40 kW lo que indica que la radiación solar no alcanza su punto máximo en el día debido a sus condiciones meteorológicas inconsistentes.

3.2. Cálculos de Energía Eólica

La producción de energía eólica se calculó de la siguiente manera: (Li et al., 2022)

$$P_i^w \begin{cases} 0, & v_{hub,i} \leq v_{in}, v_{hub,i} \geq v_{out} \\ \frac{v}{v_r^3 - v_{in}^3} v_{hub,i}^3 - \frac{v}{v_r^3 - v_{in}^3} v_{in}^3, & v_{in} < v_{hub,i} \geq v_r \\ v, & v_r \leq v_{hub,i} \geq v_{out} \end{cases} \quad (2)$$

Donde:

P_i^w es la producción de energía eólica del periodo i ; (kW)

v es la capacidad instalada de la planta de energía eólica; (kW)

$v_{hub,i}$ es la velocidad de viento a la altura del buje del periodo i ; y (m/s)

v_{in} , v_{out} , v_r son los cortes internos, cortes externos y velocidades nominales del viento de la turbina eólica respectivamente. (m/s)

La velocidad del viento en el eje del viento se consiguió entorno a la velocidad del viento interpretada por la estación meteorológica local. La ley de potencia es:

$$v_{hub,i} = v_i \left(\frac{z_{hub}}{z} \right)^s \quad (3)$$

Donde:

$v_{hub,i}$ es la velocidad media del viento a la altura del buje z_{hub} de la turbina; (m/s)

v_i es la velocidad media del viento proporcionada por la estación meteorológica a la altura de z ; (m/s) y

s es el factor de estabilidad. (Li et al., 2022)

La ciudad de Cuenca cuenta con un acontecimiento climático importante que destaca en la época de invierno, en donde los vientos presentan una velocidad aproximada entre 8 km/h y 9 km/h, lo que significa que los vientos soplan a mayor fuerza en dirección al este, causando así que los aerogeneradores produzcan mayor energía. Los vientos con mayor fuerza se presentan a finales de cada mes.

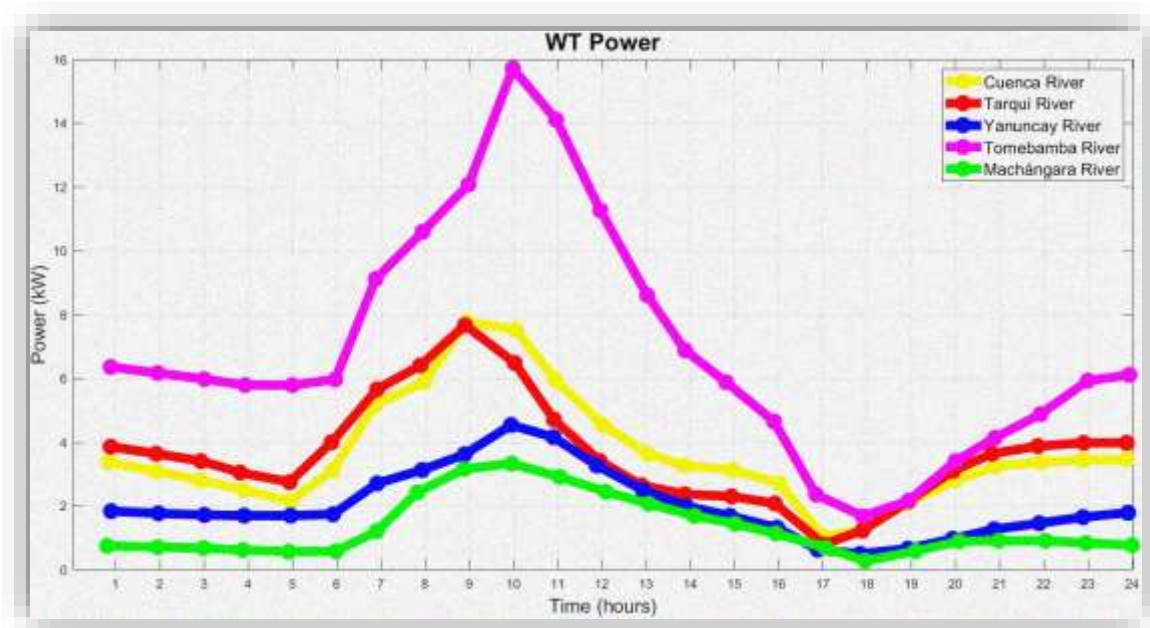


Figura 82: Perfiles del Potencial Eólico en las zonas de estudio.
Fuente: El Autor

La producción eólica establecida en cada sector nos indica que no existe variación en los distintos ríos a diferencia del río Tomebamba, en la cual la producción de los aerogeneradores se eleva, manteniendo así una mayor continuidad energética.

Los aerogeneradores son caracterizados por producir energía durante todo el día pese a sus prolongadas variaciones eólicas que se desempeñan tanto en el día como en la noche.

3.3. Cálculos de Energía Hidrocinética

La producción de energía hidrocinética se da de la siguiente manera: (Li et al., 2022)

$$P_i^h = 9.81\eta Q_i^e \quad (4)$$

$$H_i = \frac{1}{2}(Z_i + Z_{i+1}) - (f_{zq}(Q_i^e + Q_i^s)) \quad (5)$$

Donde:

P_i^h es la producción hidrocinética en el periodo i ; (kW)

η es el coeficiente de eficiencia de la central hidrocinética; (%)

Q_i^e es la liberación de agua utilizada para la generación de energía en el periodo i ; (m^3/s)

Q_i^s es la liberación de agua en el periodo i ; (m^3/s)

f_{zq} es la relación entre la liberación del embalse y el nivel de agua de descarga; (m^3/s)

H_i es la carga hidráulica en el periodo i ; ($\frac{m^3}{m^3}$ día) y;

Z_i y Z_{i+1} son el nivel de agua al principio y al final del periodo i , respectivamente. (m^3/s) (Li et al., 2022)

3.3.1. Potencial energético por hora del Generador Hidrocinético en el Río Cuenca

Se dispone de un potencial energético con pico máximo de 57.15 kW lo cual permitirá seleccionar una turbina acorde a este potencial sin embargo a nivel de diseño se contempla que no siempre se dispondrá de caudales constantes, lo cual nos lleva a decidir por una turbina.

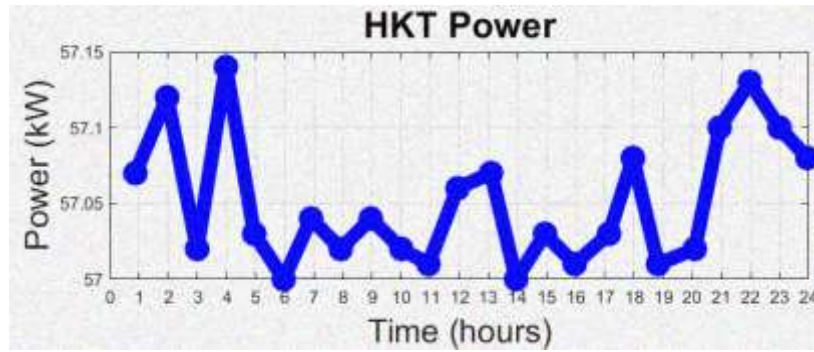


Figura 83: Potencial Energético Hidrocinético en el Río Cuenca.
 Fuente: El Autor

3.3.2. Potencial energético por hora del Generador Hidrocinético en el Río Tarqui

El potencial energético presenta un pico alrededor de 48.6 kW, lo que sugiere caudales variables.

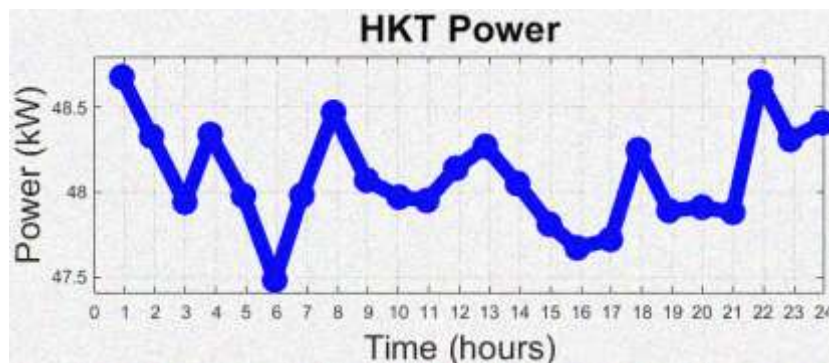


Figura 84: Potencial Energético Hidrocinético en el Río Tarqui.
 Fuente: El Autor

3.3.3. Potencial energético por hora del Generador Hidrocinético en el Río Yanuncay

El potencial energético que se presenta es de alrededor de 88.5 kW, el cual presenta variaciones durante la producción.

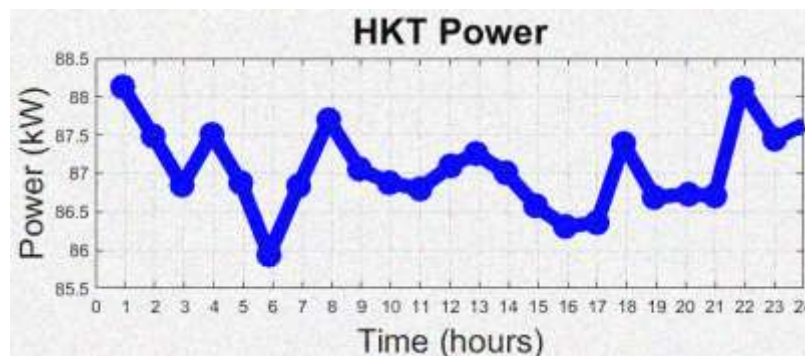


Figura 85: Potencial Energético Hidrocinético en el Río Yanuncay.
 Fuente: El Autor

3.3.4. Potencial energético por hora del Generador Hidrocinético en el Río Tomebamba

El potencial energético presente es de 90.6 kW, ya que al ser un río fuerte muestra potencial elevado para su producción de energía.

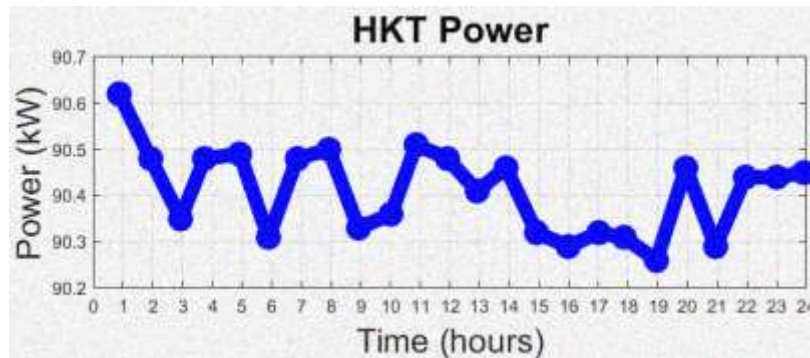


Figura 86: Potencial Energético Hidrocinético en el Río Tomebamba.
Fuente: El Autor

3.3.5. Potencial energético por hora del Generador Hidrocinético en el Río Machángara

El río Machángara presenta potencial energético menor a 36 kW, debido a que es un río sereno que no presenta corrientes elevadas en distintas temporadas.

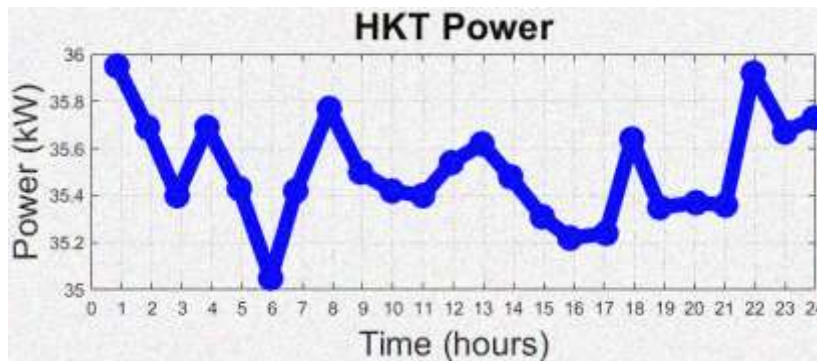


Figura 87: Potencial Energético Hidrocinético en el Río Machángara.
Fuente: El Autor

El análisis final nos indica que el río Tomebamba presenta los caudales más fuertes en épocas invernales, es muy importante conocer que antiguamente en los años 50 este río presentó un aumento notable de caudal debido a sus grandes precipitaciones lo que causó desbordamiento del mismo provocando pérdidas humanas y materiales lo cual hace que este río sea temido por la localidad. Continuando con la analítica el río Yanuncay y Tarqui, estos presentan caudales moderados hasta cierto punto dependiendo de la estación que se

encuentre. Por otro lado, el río Machángara se caracteriza por ser un río pacífico en comparación a los demás ríos de la ciudad de Cuenca.

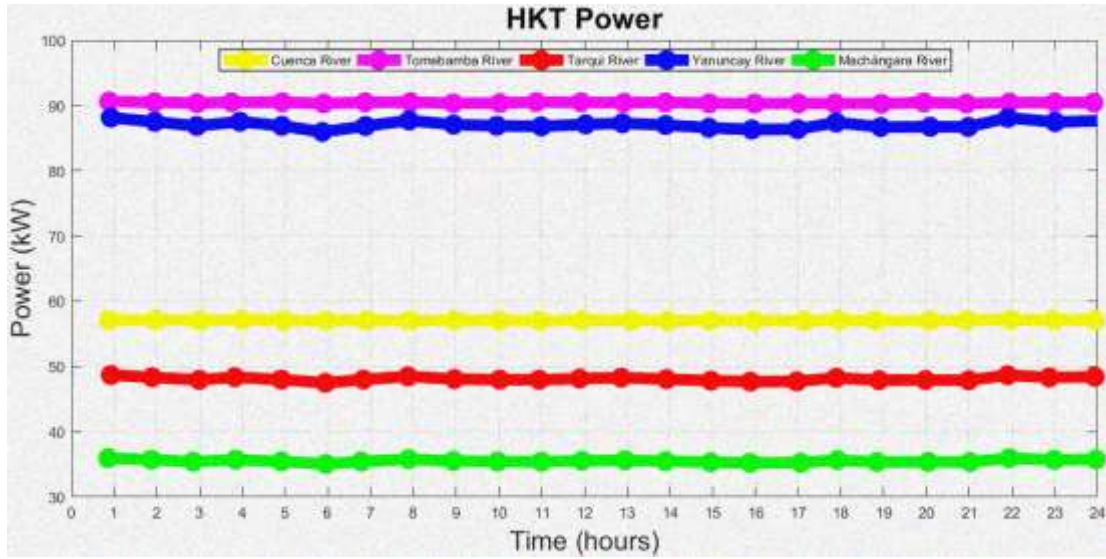


Figura 88: Potencial Energético Hidrocinético en los Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador.
Fuente: El Autor

3.4. Cálculos de Estado de Batería

De acuerdo a la energía producida a partir de las distintas fuentes renovables y de las potencias demandada por las cargas, el estado de carga y descarga de las baterías se puede calcular de la siguiente manera: (Lata-García et al., 2018)

$$SOC(t) = SOC(t - 1) + \frac{E_{bat}(t) * \eta_{cbat}}{P_{bat}} * 100 \quad (6)$$

$$SOC(t) = SOC(t - 1) + \frac{E_{bat}(t) * \eta_{dbat}}{P_{bat}} * 100 \quad (7)$$

Donde:

$SOC(t)$ es el estado de carga en el tiempo t ;

E_{bat} es el intercambio de potencia durante el paso de tiempo Δt ;

P_{bat} es la capacidad nominal de la batería; y

η_{cbat} y η_{dbat} son la eficiencia de carga y descarga de la batería, respectivamente.

El número de baterías N_{bat} que abastecerán al sistema híbrido durante su vida útil se calcula con la siguiente ecuación:

$$N_{bat} = \text{ceil} \left(\frac{\text{Life}_{HS} * \text{Life}_{bt}^{pu,year}}{T_{bat}^{life}} \right) \quad (8)$$

Donde:

T_{bat}^{life} es el periodo de tiempo desde el comienzo del año hasta la última batería reemplazada;

Life_{HS} es la vida útil del sistema híbrido;

$\text{Life}_{bt}^{pu,year}$ es la duración de la batería en el año pasado; y

ceil devuelve un número redondeado o cerca de un múltiplo más significativo. (Lata-García et al., 2018)

3.4.1. Almacenamiento de Energía

El almacenamiento del banco de baterías requiere una igualdad entre la oferta y demanda de energía. Cuando la producción es mayor a la demanda la batería se mantiene completamente cargada, al contrario, cuando la demanda es mayor a la producción inmediatamente la batería actúa y libera energía almacenada permaneciendo así el sistema estable. El valor mínimo de carga sobrepasa el 40 % durante el día.

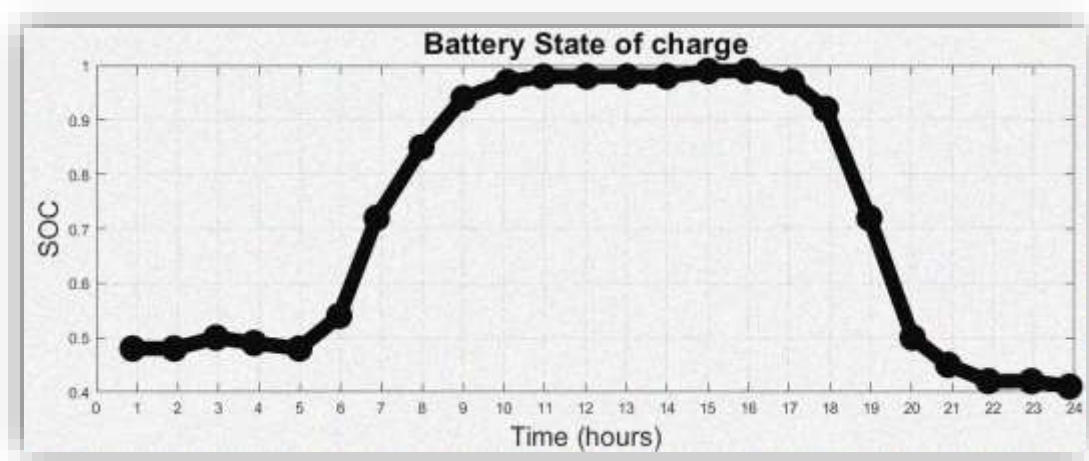


Figura 89: Estado de Carga de la Batería.

Fuente: El Autor

El ciclo de la batería no se completa al 100 % debido a que existen cambios en los electrodos al momento en que la batería se encuentra en constante periodo de recarga, al tener presente estos cambios la capacidad de la batería disminuye gradualmente no obstante deben tener buen comportamiento para que su vida útil se mantenga.

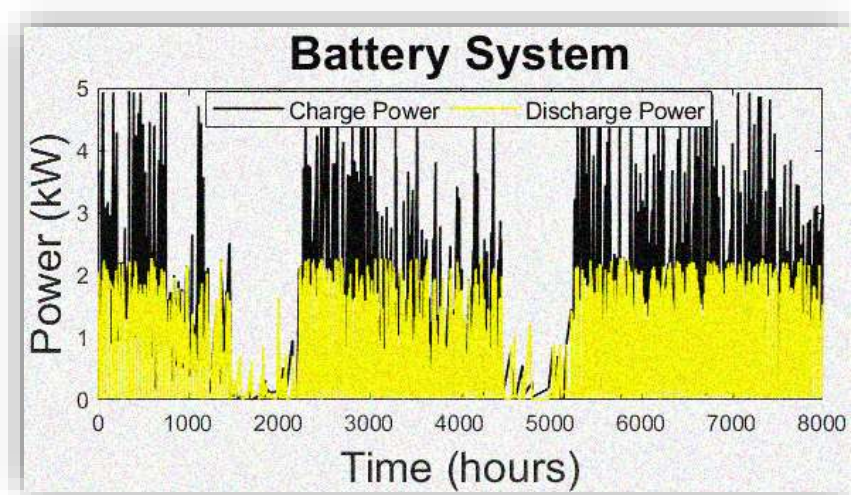


Figura 90: Sistema de Carga y Descarga de la Batería.
Fuente: El Autor

3.5. Cálculos del Inversor

Cabe señalar que los módulos fotovoltaicos y el banco de baterías proporcionan corriente continua, a diferencia de las turbinas eólicas que proporcionan corriente alterna. La potencia nominal del inversor utilizado se expresa como: (Gado et al., 2022)

$$P_{inv} = \frac{P_{peak}}{\eta_{inv}} \tag{9}$$

Donde P_{peak} hace referencia a la carga máxima del sistema.

3.6. Escenarios

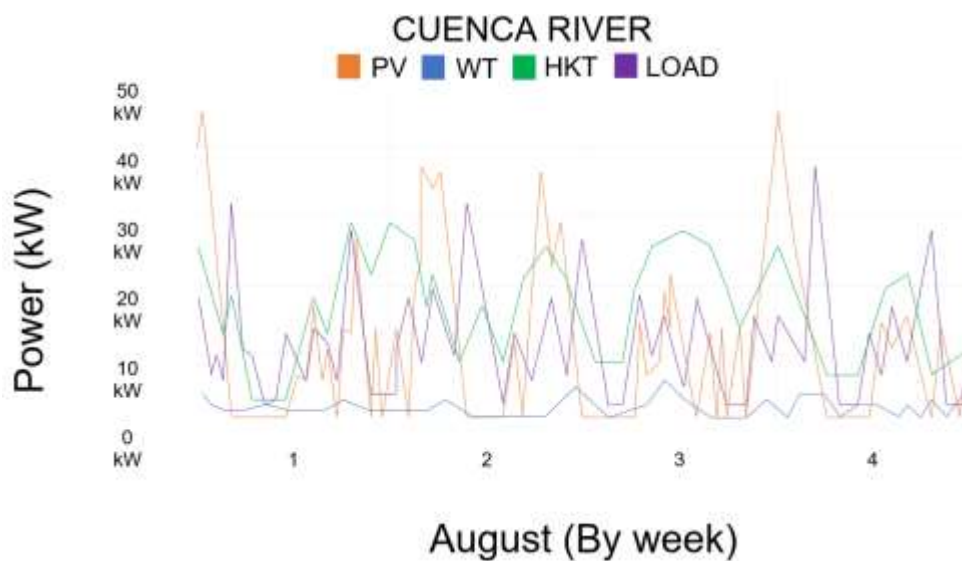


Figura 91: Escenario de Potencia total generada por el Sistema Híbrido PV/WT/HKT referente a las inmediaciones del Río Cuenca.
Fuente: El Autor

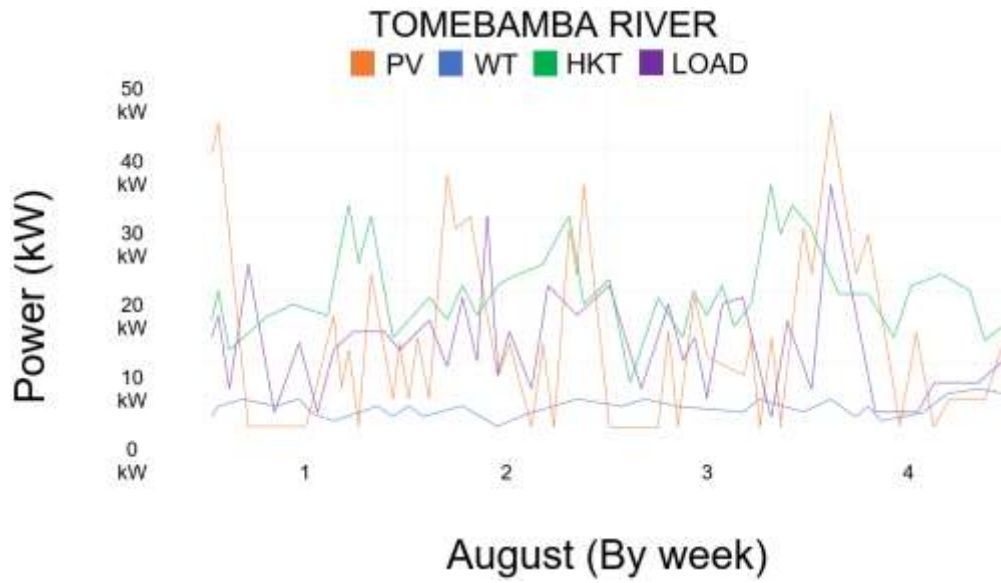


Figura 92: Escenario de Potencia total generada por el Sistema Híbrido PV/WT/HKT referente a las inmediaciones del Río Tomebamba.
 Fuente: El Autor

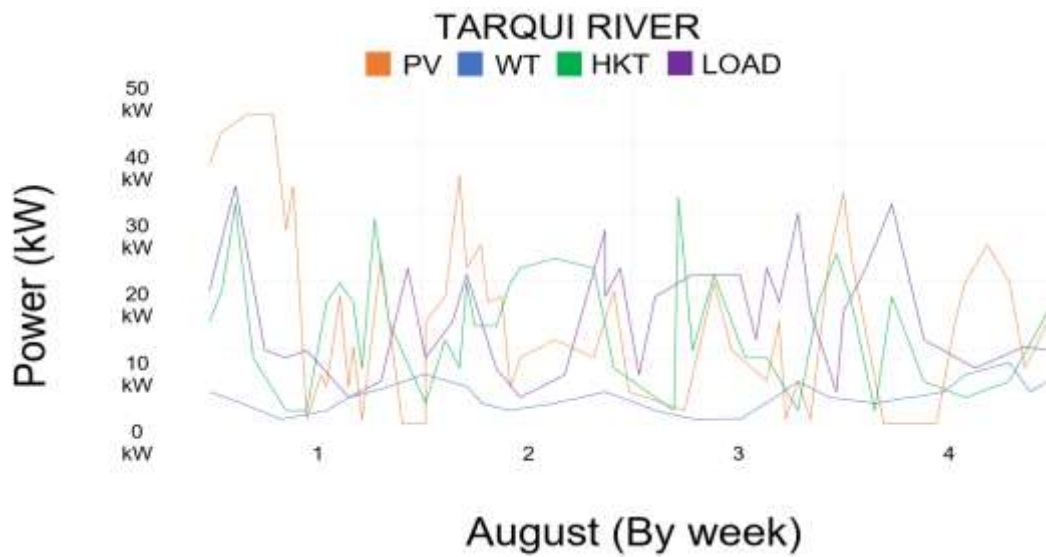


Figura 93: Escenario de Potencia total generada por el Sistema Híbrido PV/WT/HKT referente a las inmediaciones del Río Tarqui.
 Fuente: El Autor

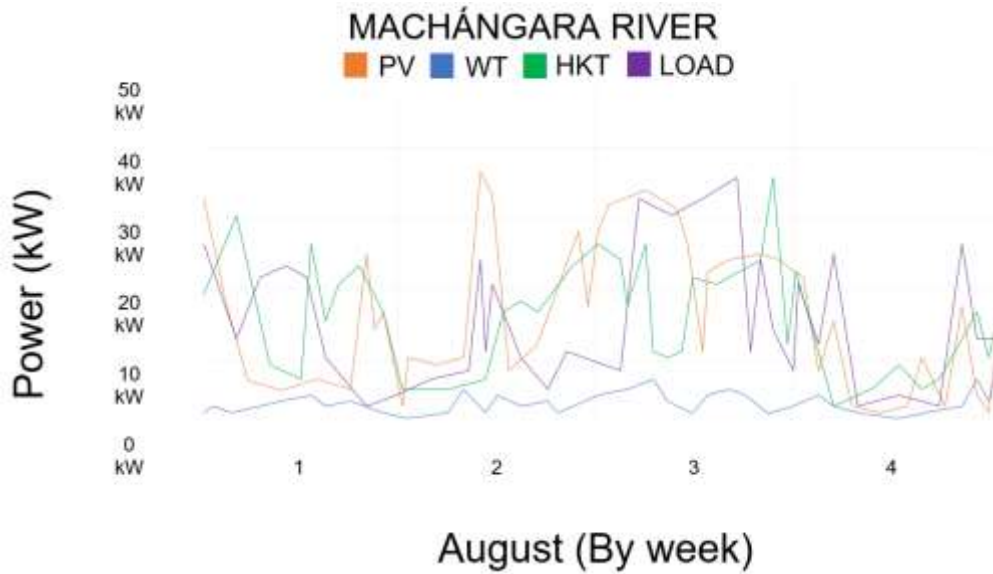


Figura 94: Escenario de Potencia total generada por el Sistema Híbrido PV/WT/HKT referente a las inmediaciones del Río Machángara.
 Fuente: El Autor

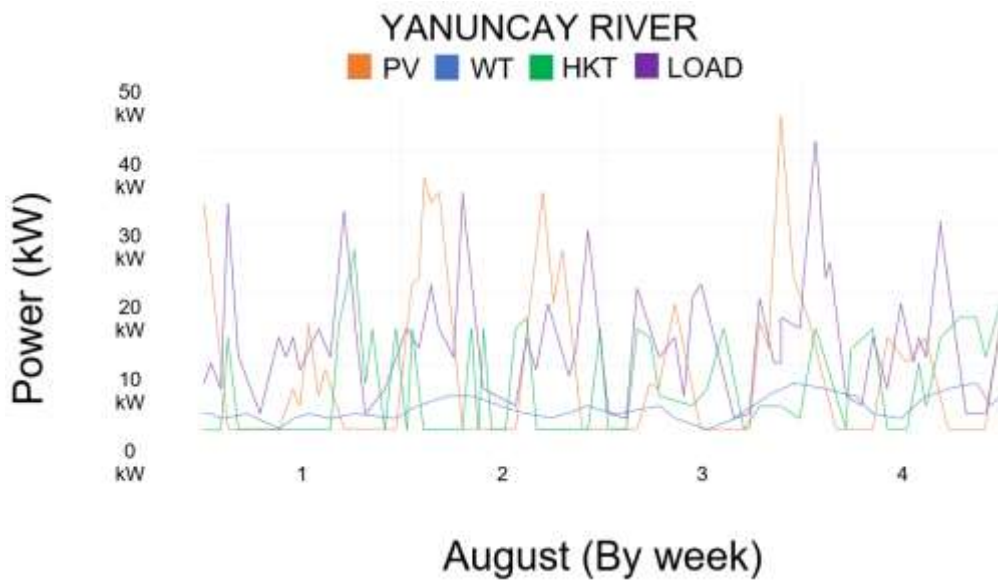


Figura 95: Escenario de Potencia total generada por el Sistema Híbrido PV/WT/HKT referente a las inmediaciones del Río Yanuncay.
 Fuente: El Autor

3.7. Cálculo de Energía total obtenida

Debido al cambio climático que presenta la ciudad de Cuenca existen dos épocas que son muy marcadas (verano-invierno) estas temporadas se diferencian entre sí por el aumento o la sequía de sus ríos, también por las velocidades propagadas por el viento y por último la radiación emitida por el sol.

3.7.1. Periodo de Invierno

La figura 96 representa la producción energética máxima a causa de los caudales de los ríos de Cuenca, en donde el río Machángara produce 5 kW, el río Tarqui con un valor de 7 kW, seguido del río Yanuncay contando con 10 kW, el río Tomebamba con 12 kW y por último el río Cuenca con 16 kW. Como causa de inundaciones en época invierno, una de las principales consecuencias para que se dé el desbordamiento de los ríos son las acumulaciones de lluvias intensas en una determinada zona y en un lapso de tiempo, las mismas superan el espacio de filtración del terreno, como resultado de las inundaciones existen desastres naturales que pueden llegar acabar con comunidades cercanas.

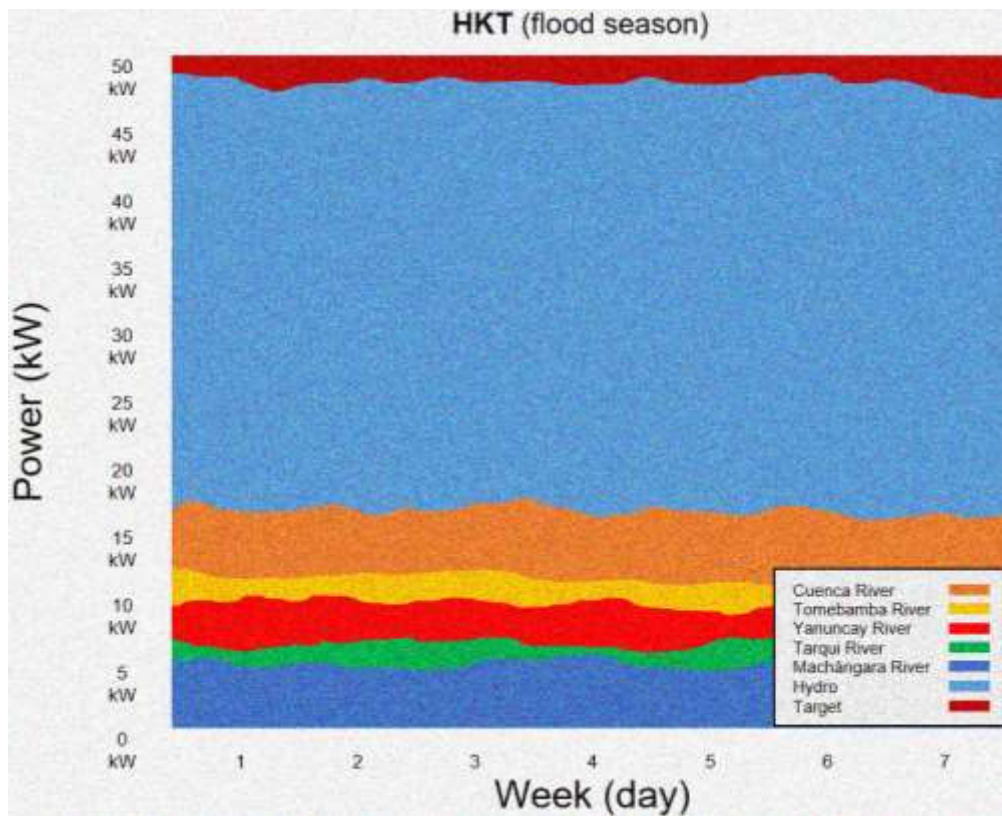


Figura 96: Generación de Energía Hidrocinética en Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de Invierno).
Fuente: El Autor

La figura 97 representa el nivel del sol en épocas de inundaciones, en el cual su valor máximo de producción solar fotovoltaica oscila entre los 70 kW.

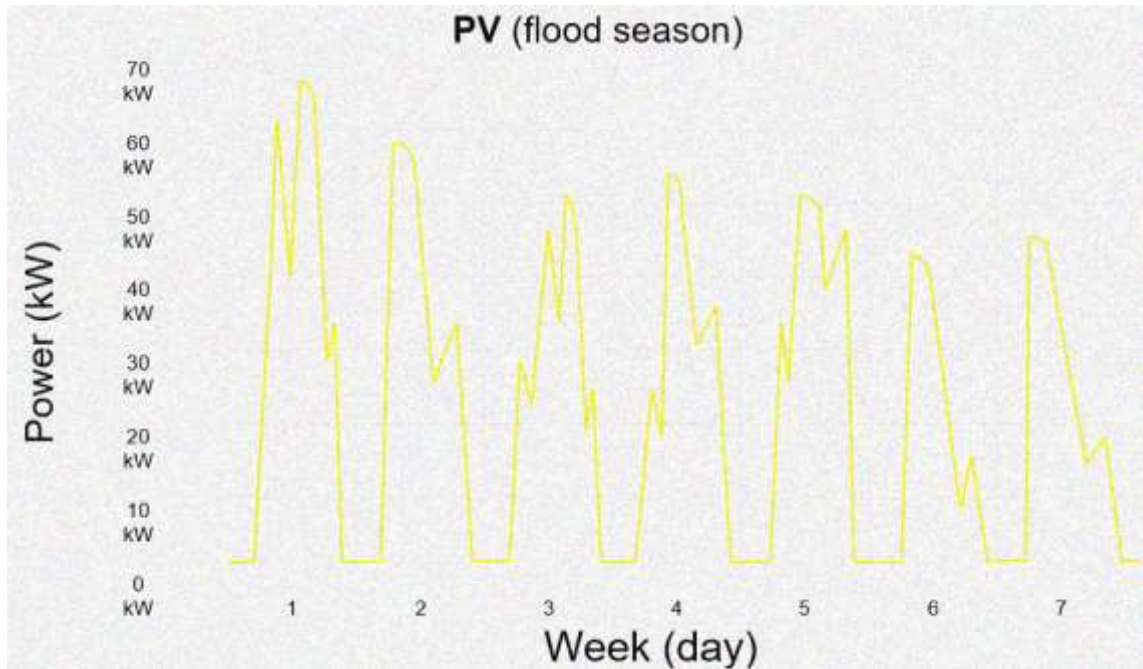


Figura 97: Generación de Energía Fotovoltaica en Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de Invierno).
Fuente: El Autor

La figura 98 demuestra la producción energética eólica en temporadas de inundaciones en donde existe mayor torrencial eólico. Razón por la cual mientras mayor es la velocidad del viento mayor es la utilidad de las turbinas para la producción de energía eólica. En el día alcanza 100 kW, mientras que en la noche disminuye hasta un 50 kW aproximadamente.

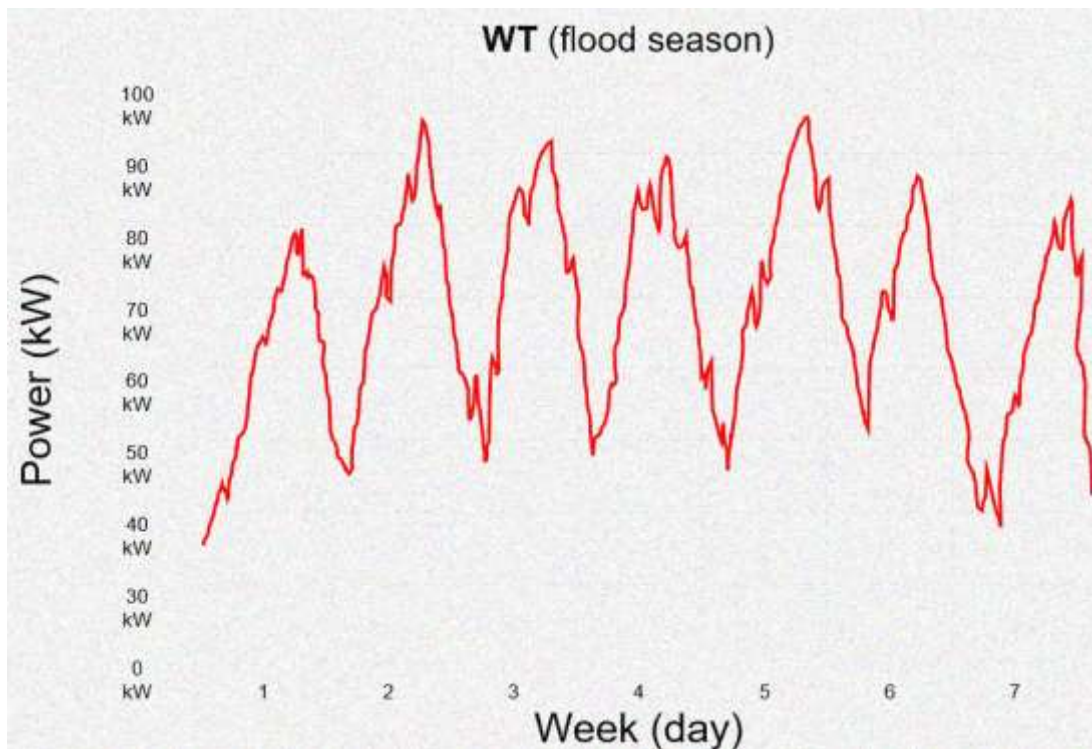
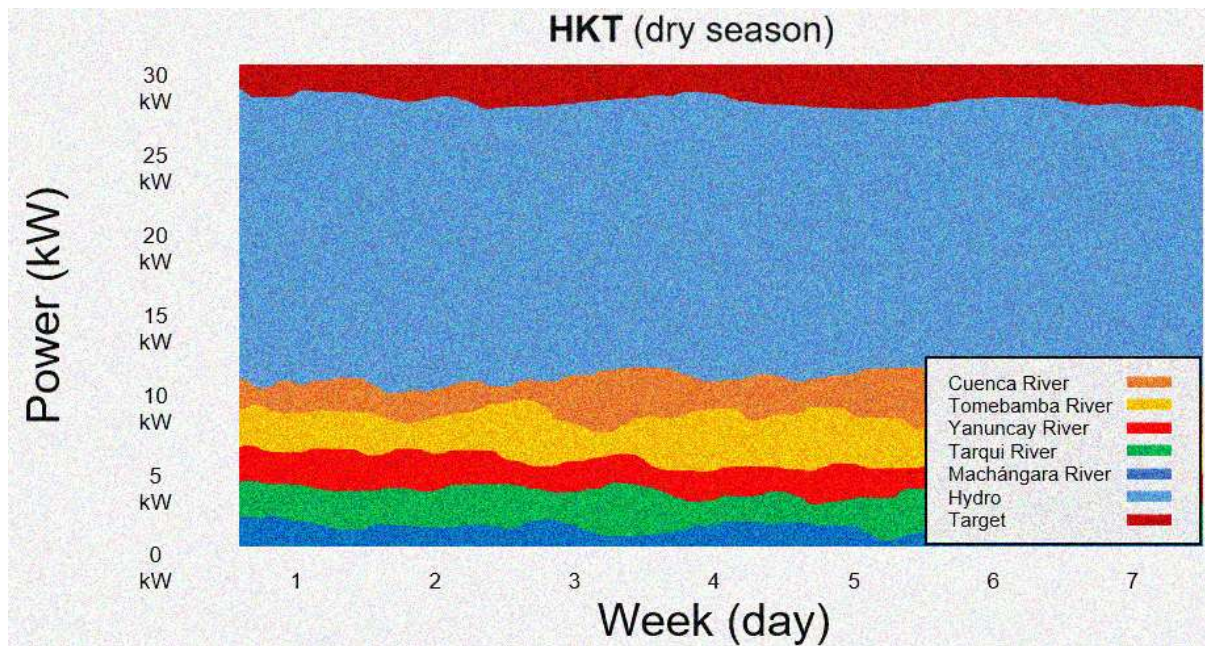


Figura 98: Generación de Energía Eólica en Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de Invierno).
Fuente: El Autor

3.7.2. Periodo de Verano

La figura 99 simboliza la producción energética máxima a causa de los caudales de los ríos de Cuenca, en donde el río Machángara produce 2 kW, el río Tarqui 4 kW, continuando con del río Yanuncay con 6 kW, el río Tomebamba con 8 kW y por último el río Cuenca con 10 kW. Lo que significa que los ríos en épocas de verano no generan suficiente energía a causa de los caudales debido a que los ríos llegan a secarse como consecuencia del consumo humano y del cambio climático.



*Figura 99: Generación de Energía Hidrocinética en Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de verano).
Fuente: El Autor*

La figura 100 representa el nivel del sol en épocas secas en el cual su nivel máximo de producción solar fotovoltaica alcanza los 100 kW, manteniendo sus picos estables debido a la época en la que se encuentra en donde existe mayor radiación solar, lo que a largo plazo será perjudicial para la salud humana.

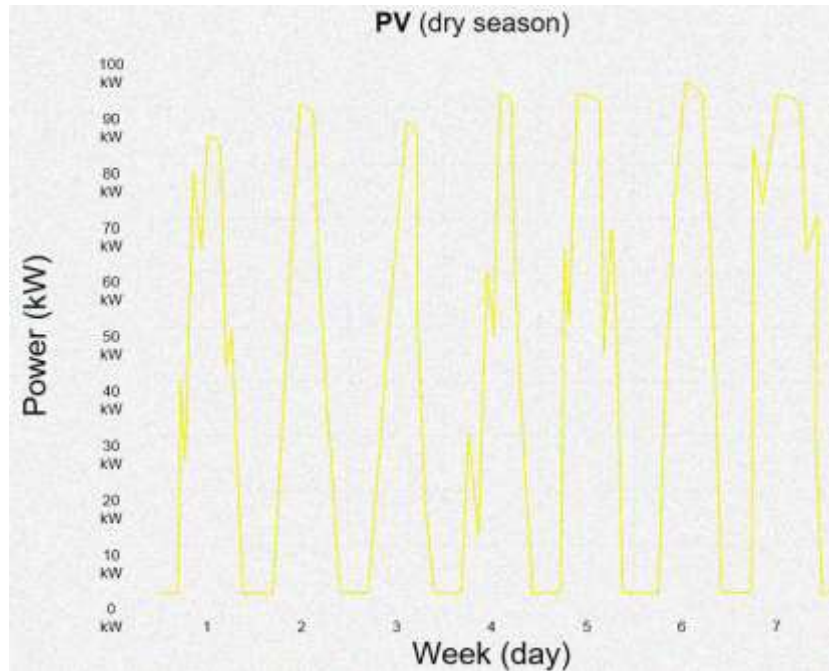


Figura 100: Generación de energía fotovoltaica en Ríos de la ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de verano).
Fuente: El Autor

La figura 101 nos indica la producción energética eólica en temporadas secas en la cual existe intervalos de torrencial eólico, como resultado se obtiene mayor beneficio aprovechado por las turbinas. En el día alcanza 90 kW como consecuencia de las ráfagas de viento, y mientras que por la noche disminuye a un 30 kW aproximadamente.

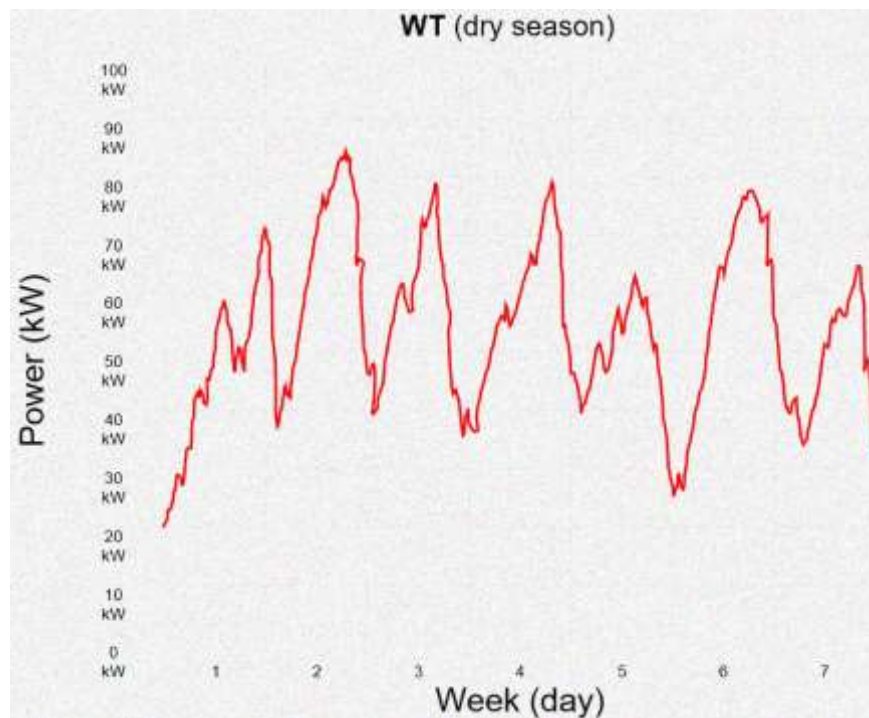


Figura 101: Generación de energía eólica en Ríos de la ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de verano).
Fuente: El Autor

3.7.3. Producción total del Sistema Híbrido fotovoltaico-eólico-hidrocinético

En la *figura 102* y *figura 103* se representa la producción total del sistema fotovoltaico-eólico-hidrocinético en las distintas temporadas (verano-invierno). En ambas épocas su producción energética estimada es de 220 kW aproximadamente.

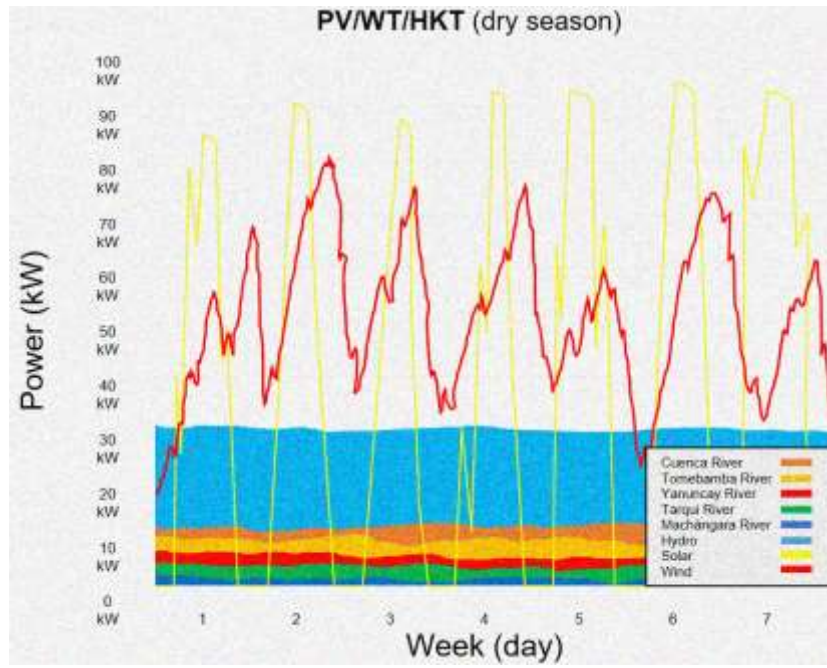


Figura 102: Generación Energética total del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en puntos específicos de los Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de Verano).

Fuente: El Autor

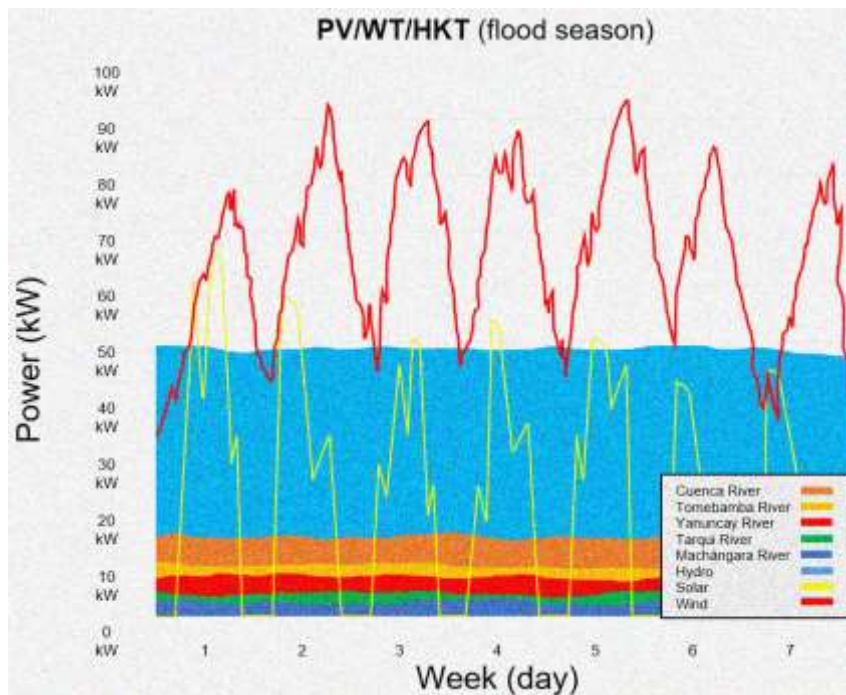


Figura 103: Generación Energética total del Sistema Híbrido PV/WT/HKT en puntos específicos de los Ríos de la Ciudad de Cuenca-Ecuador (Temporada de Invierno).

Fuente: El Autor

CAPÍTULO 4

4. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

4.1. Sistema Híbrido

En este sistema la energía hidrocínética es la principal, de tal manera que el modelo híbrido fotovoltaico-eólico debe concordar su fabricación con la energía hidrocínética.

4.1.1. Hibridación del Sistema fotovoltaico-eólico con micro sistema hidrocínético

La investigación de los modelos híbridos es un eje variado. La sincronización de modelos híbridos con una red eléctrica nacional se entiende en varios aspectos de la sincronización de pequeños modelos híbridos con una mini-red. La diferencia primordial radica en la menor fiabilidad y calidad de la mini-red en base a la tensión y corriente. Por lo que en una compañía pública la red posee una frecuencia estable de (50 Hz o 60 Hz) y voltaje. (Bhandari et al., 2014)

El método de hibridación empleando cargador de batería se exterioriza en la siguiente gráfica, en el cual los generadores fotovoltaicos y eólicos se hibridan por medio de un controlador de carga híbrido (HCC) y la salida de energía del HCC nutre al banco de baterías para que estas sean cargadas. También el poder de la microturbina hidrocínética se usa al momento de cargar las baterías mediante un cargador de batería especial. Posteriormente se emplea un inversor que es apto para convertir la alimentación del CC del banco de baterías en alimentación de CA. Esta proporción es sencilla y no de costo alto pero fácil de implementar, pero cuando estos modelos se encuentran muy distanciados llegan a ser menos económicos debido a que se necesita de dos redes que se encuentren separadas para que en primer lugar carguen las baterías y posteriormente se suministre energía a los beneficiarios de la zona. (Bhandari et al., 2014)

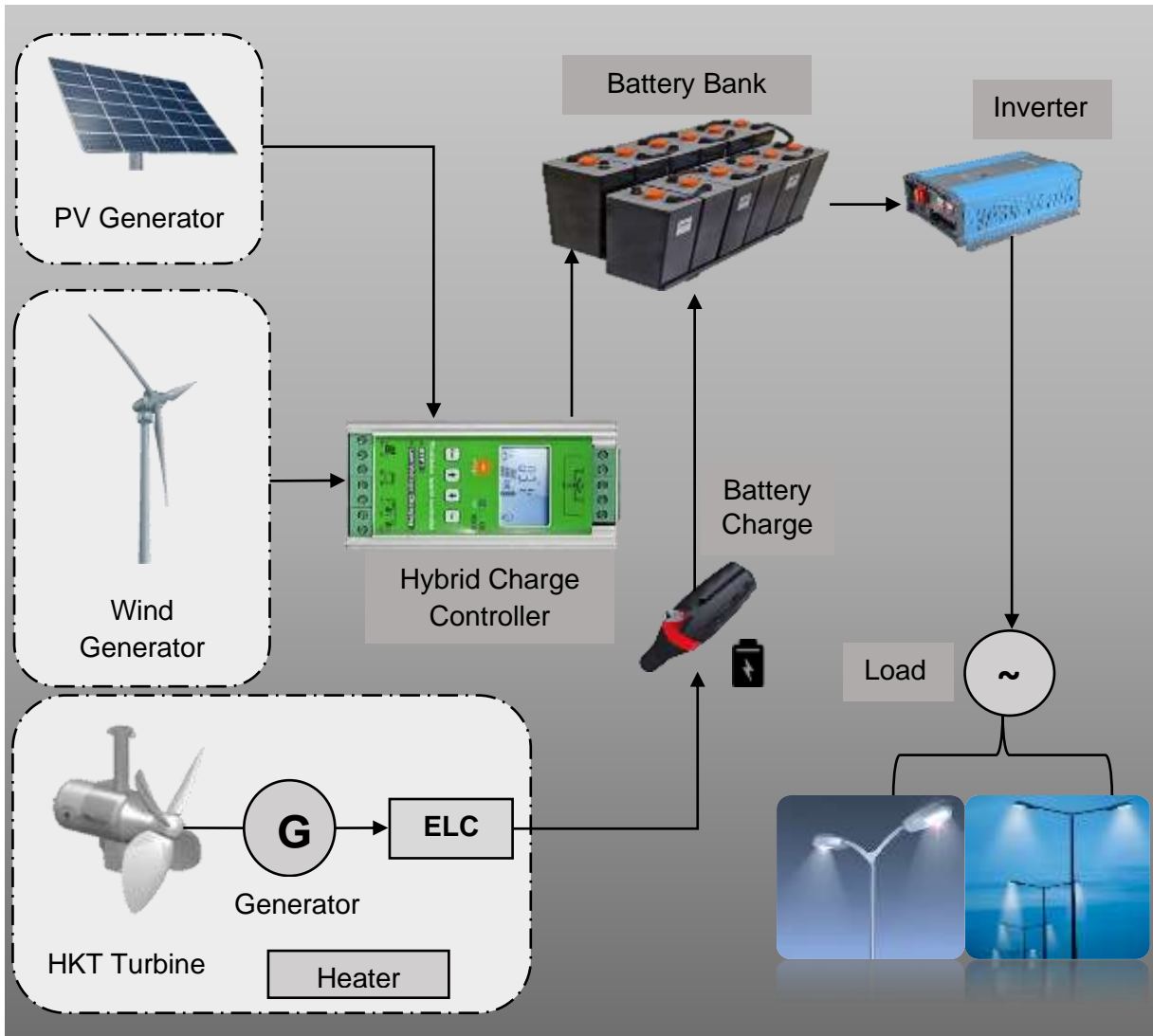
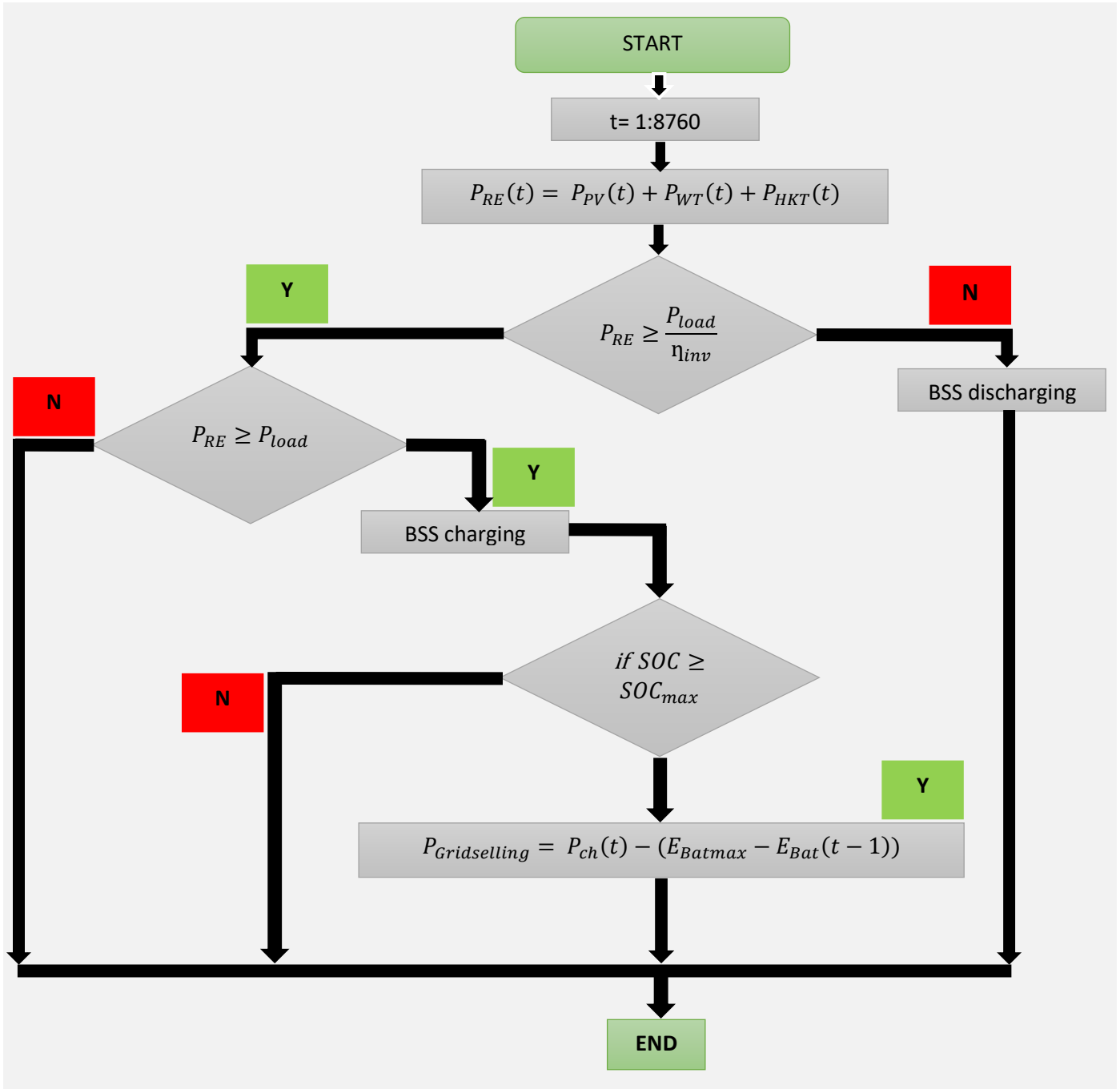


Figura 104: Hibridación de los Generadores Eólicos, Hidrocinéticos y Fotovoltaicos utilizando un controlador de carga híbrido y un cargador de batería.
 Fuente: El Autor



4.2. Equipos y su implementación

4.2.1. Generador Hidrocinético HKT- Río Tomebamba



*Figura 106: River Turbine para el Río Tomebamba.
Fuente: (MALEWAR, 2022)*

Tabla 15: Especificaciones Técnicas del Generador Hidrocinético (River Turbine) para el Río Tomebamba.

Manufactura	Energía Hidráulica Inteligente
Modelo	RIVER TURBINE
Longitud (mm)	2300
Ancho (mm)	1100
Altura (mm)	1220
Velocidad de rotación (rpm)	90 – 230
Peso (Kg)	230 kg.
Número de palas del rotor	3
Rotor ϕ	1000 mm
Costo de capital (\$)	25.000
Costo de reemplazo (\$)	25.000
Operación y mantenimiento (\$/año)	300
Profundidad mínima del río (m)	3
Ancho mínimo del río (m)	3
Punto de inyección (m)	Max. 500 m de distancia de la turbina
Max. Potencia de salida	3 m/s - 12 kW

Fuente: (Idénergie, 2023)

4.2.2. Generador Hidrocinético HKT- Río Yanuncay



*Figura 107: Waterotor Turbine para el Río Yanuncay.
Fuente: (Waterotor, 2023)*

Tabla 16: Especificaciones Técnicas del Generador Hidrocinético (Waterotor Turbine) para el Río Yanuncay.

Manufactura	Energía hidráulica inteligente
Modelo	WATEROTOR
Longitud (mm)	3500
Ancho (mm)	1800
Altura (mm)	2050
Velocidad de rotación (rpm)	90 – 230
Peso (Kg)	400 kg.
Número de palas del rotor	3
Rotor ϕ	1000 mm
Costo de capital (\$)	20.000
Costo de reemplazo (\$)	20.000
Operación y mantenimiento (\$/año)	250
Profundidad mínima del río (m)	3
Ancho mínimo del río (m)	3
Punto de inyección (m)	Max. 500 m de distancia de la turbina
Max. Potencia de salida	3 m/s - 10 kW

Fuente: (Waterotor, 2023)

4.2.3. Generador Hidrocinético HKT- Río Tarqui



Figura 108: Smart Monofloat Turbine para el Río Tarqui.
Fuente: (SMART HYDRO POWER, 2023b)

Tabla 17: Especificaciones Técnicas del Generador Hidrocinético (Smart Monofloat Turbine) para el Río Tarqui.

Manufactura	Energía hidráulica Inteligente
Modelo	SMART MONOFLOAT
Longitud (mm)	3130
Ancho (mm)	1600
Altura (mm)	2010
Velocidad de rotación (rpm)	90 – 230
Peso (Kg)	380 kg.
Número de palas del rotor	3
Rotor φ	1000 mm
Costo de capital (\$)	15.200
Costo de reemplazo (\$)	15.200
Operación y mantenimiento (\$/año)	150
Profundidad mínima del río (m)	2
Ancho mínimo del río (m)	2
Punto de inyección (m)	Max. 500 m de distancia de la turbina
Max. Potencia de salida	2,8 m/s - 7 kW

Fuente: (SMART HYDRO POWER, 2023d)

4.2.4. Generador Hidrocinético HKT- Río Machángara



Figura 109: Capta Hydro Turbine para el Río Machángara.

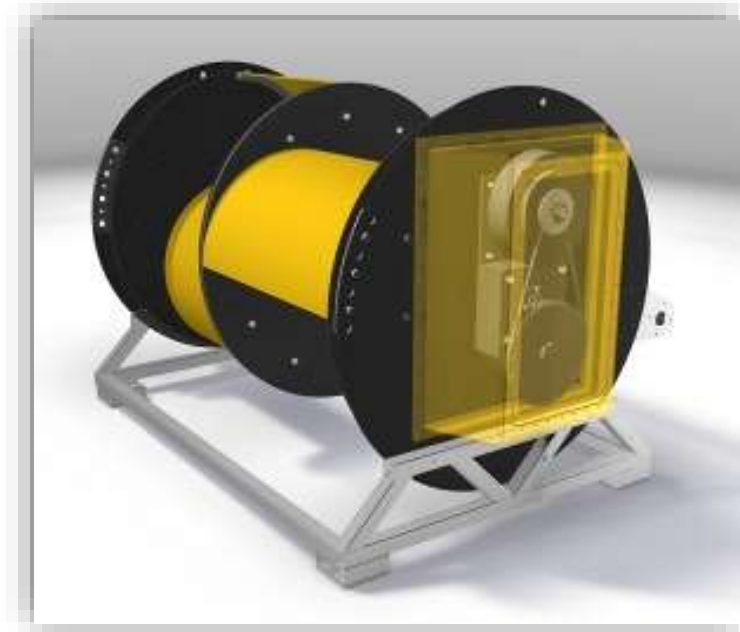
Fuente: (Capta Hydro, 2017)

Tabla 18: Especificaciones Técnicas del Generador Hidrocinético (Capta Hydro Turbine) para el Río Machángara.

Manufactura	Energía hidráulica Inteligente
Modelo	CAPTA HYDRO
Longitud (mm)	2640
Ancho (mm)	1120
Altura (mm)	1120
Velocidad de rotación (rpm)	90 – 230
Peso (Kg)	380 kg.
Número de palas del rotor	3
Rotor φ	1000 mm
Costo de capital (\$)	11.180
Costo de reemplazo (\$)	11.180
Operación y mantenimiento (\$/año)	100
Max. Potencia de salida	2,8 m/s - 5 kW

Fuente: (UNCUYO, 2014)

4.2.5. Generador Hidrocinético HKT- Río Cuenca



*Figura 110: Hydrovolts Turbine para el Río Cuenca.
Fuente: (Energoclub, 2023)*

Tabla 19: Especificaciones Técnicas del Generador Hidrocinético (Hydrovolts Turbine) para el Río Cuenca.

Manufactura	Energía hidráulica Inteligente
Modelo	HYDROVOLTS
Longitud (mm)	2.500
Ancho (mm)	1.220
Altura (mm)	1.300
Velocidad de rotación (rpm)	90 – 230
Peso (Kg)	450 kg.
Número de palas del rotor	3
Rotor ϕ	1000 mm
Costo de capital (\$)	40.000
Costo de reemplazo (\$)	40.000
Operación y mantenimiento (\$/año)	300
Profundidad mínima del río (m)	3
Ancho mínimo del río (m)	3
Punto de inyección (m)	Max. 500 m de distancia de la turbina
Max. Potencia de salida	3 m/s - 16 kW

Fuente: (Hydrovolts, 2022)

4.2.6. Parámetros del Módulo Fotovoltaico PV.



*Figura 111: Paneles Fotovoltaicos de modelo CS6K-280M.
Fuente: (Ramon & Ramon, 2016)*

Tabla 20: Especificaciones Técnicas del Panel Fotovoltaico CS6K-280M

Manufactura	Canadian Solar
Modelo	CS6K-280M
Tipo de célula	Monocristalino
Potencia máxima (Pmax)	280 W
Voltaje de funcionamiento (Vmp)	31,5 V
Corriente de funcionamiento (Imp)	8,89 A
Circuito abierto (Voc)	38,5 VDC
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,43 A
Eficiencia del módulo	17,11 %
Dimensiones (mm)	1650-992-40 mm
Peso	18,2 kg
Costo de capital	US\$ 300/285 Wp
El costo de reemplazo	US\$ 300/285 Wp
Costo de operación y mantenimiento	\$0
Factor de reducción	0.8
Pendiente (grado)	15
Temperatura de funcionamiento	-40 °C / 85 °C
Vida útil	25 años

Fuente: (Ramon & Ramon, 2016)

4.2.7. Parámetros de la Batería



Figura 112: Batería De Gel Solar De Ciclo Profundo VRLA.
Fuente: (Future Green, 2022)

Tabla 21: Especificaciones Técnicas de la Batería SM12V180Ah.

Manufatura	Future Green Technology
Modelo	SM12V180Ah
Voltaje nominal	12 V
Capacidad nominal	180 Ah
Dimensiones	522x268x226 mm
Vida útil	12 años
Temperatura de operación	-20 °C / 55 °C
Rango de temperatura de funcionamiento	Carga -20 °C a 50 °C
	Descarga -40 °C / 60 °C
Peso	53 kg
Precio unitario	\$ 206
Precio de reemplazo	\$ 206

Fuente: (Future Green, 2022)

4.2.8. Parámetros del Controlador de Carga



*Figura 113: Controlador de Carga AMPINVT MPPT-120A.
Fuente: (Amazon, 2023)*

Tabla 22: Especificaciones Técnicas del Controlador de Carga AMPINVT MPPT-120A.

Manufactura	AMPINVT
Modelo	MPPT-120A
Ajuste de la batería	Automático a 12,24, 48 V
Corriente de carga nominal	120 A
Potencia FV nominal 12 V	1700 W
Potencia FV nominal 24 V	3400 W
Potencia FV nominal 48 V	6800 W
Eficiencia	99%
Protección	Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/sobretensión
Temperatura de trabajo	-30 a +60 °C
Humedad	95% sin condensación
Altura máxima de trabajo	5000m
Dimensiones (pulgadas)	10x3.5x18
Costo	\$900

Fuente: (Amazon, 2023)

4.2.9. Parámetros del Inversor



Figura 114: Inversor PWM Industrial.
Fuente: (DLMRED, 2021)

Tabla 23: Especificaciones Técnicas del Inversor PWM Industrial.

Manufactura	Network Power Protection
Modelo	PWM industrial
Potencias de salida	3kVA-200kVA
Frecuencia	50/60 Hz
Tensión	480Vac, 380Vca, 220Vca, 120Vca (opcional)
Eficiencia	85% y >95% (opcional)
Factor de potencia	0.7, 0.8, 0.9 y 1 (opcional)
Baterías	150Ah, 200Ah, 3000Ah (opcional)
Tipo de baterías	Ni-Cd, GEL, OPzV y OPzS (opcional)
Vc rappel	<1%
Grado de protección	IP54
Altura de operación	1000m.s.n.m hasta 4500 m.s.n.m (opcional)

Fuente: (DLMRED, 2021)

4.2.10. Parámetros de la Turbina Eólica



*Figura 115: Aerogenerador Pika Energy modelo T701.
Fuente:(Pika, 2023)*

Tabla 24: Especificaciones Técnicas de la Turbina Eólica T701

Manufactura	Pika Energy
Modelo	T701
Diámetro de rotor	3,0 m
Salida máxima	1,7 kW a 13 m/s
Salida nominal	1,5 kW A 11 m/s
Tipo de Turbina	Eje horizontal
Cuchillas	Polímero reforzado con vidrio
Número de cuchillas	3
Alternador	Imán permanente sin escobillas
Peso de la parte superior de la torre	42 kg
Certificación	Estándar AWEA 9.1
Costo de capital	\$ 5800
Costo de reemplazo	\$ 5800
Garantía	5 años

Fuente: (Pika, 2023)

4.3. Analítica de Caudales mediante el programa HEC-RAS

El programa HEC-RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System) facilita la simulación de caudales naturales o canales artificiales para establecer el nivel hídrico con la finalidad de efectuar estudios de inundabilidad para verificar zonas inundables, lo cual es útil para efectuarlo como objeto de estudio en los ríos de la ciudad de Cuenca-Ecuador.

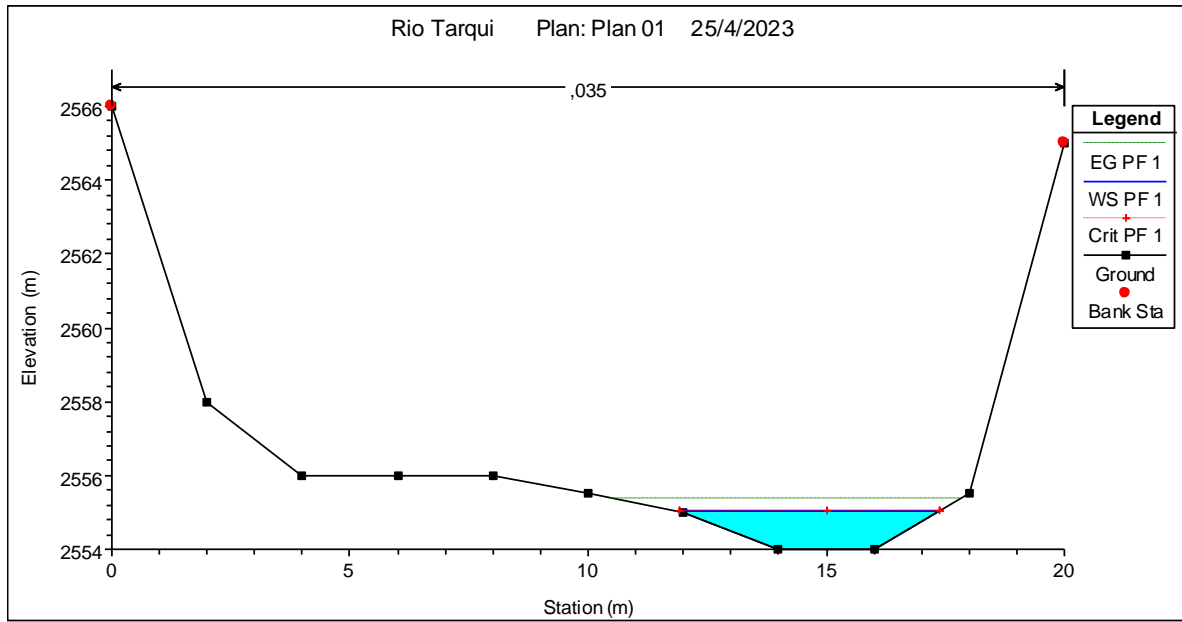


Figura 118: Río Tarqui-Flujo constante 10 m³ /s.
Fuente: El Autor

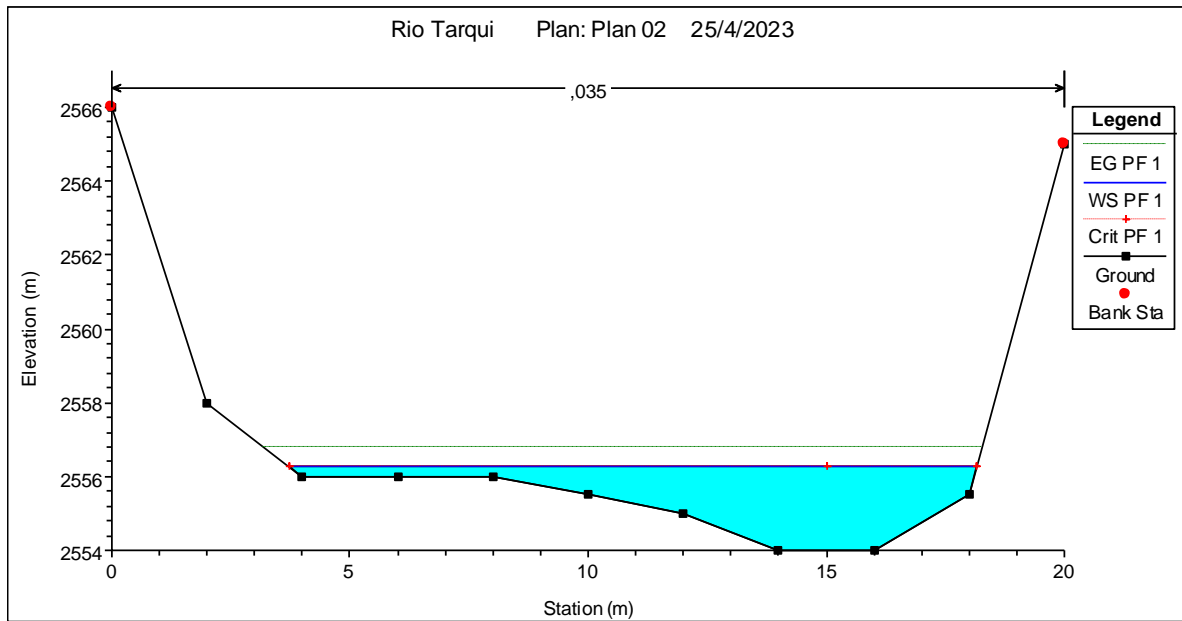


Figura 119: Río Tarqui-Flujo constante 50 m³ /s.
Fuente: El Autor

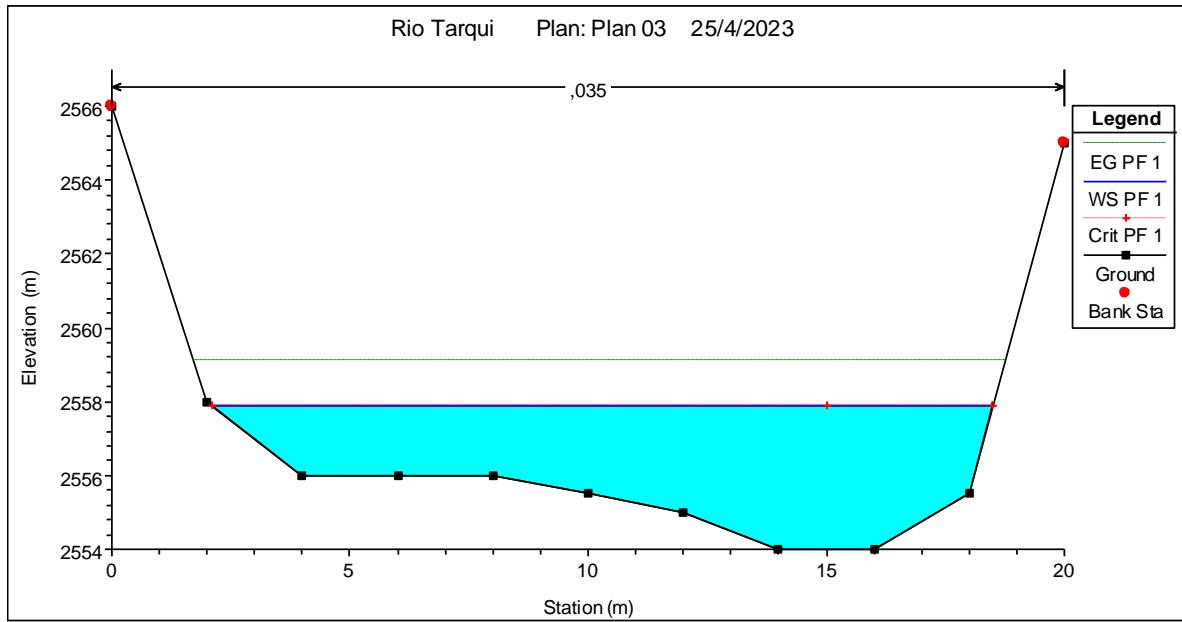


Figura 120: Río Tarqui-Flujo constante $100 \text{ m}^3 / \text{s}$.
Fuente: El Autor

4.3.2. Análisis del Río Yanuncay HEC-RAS

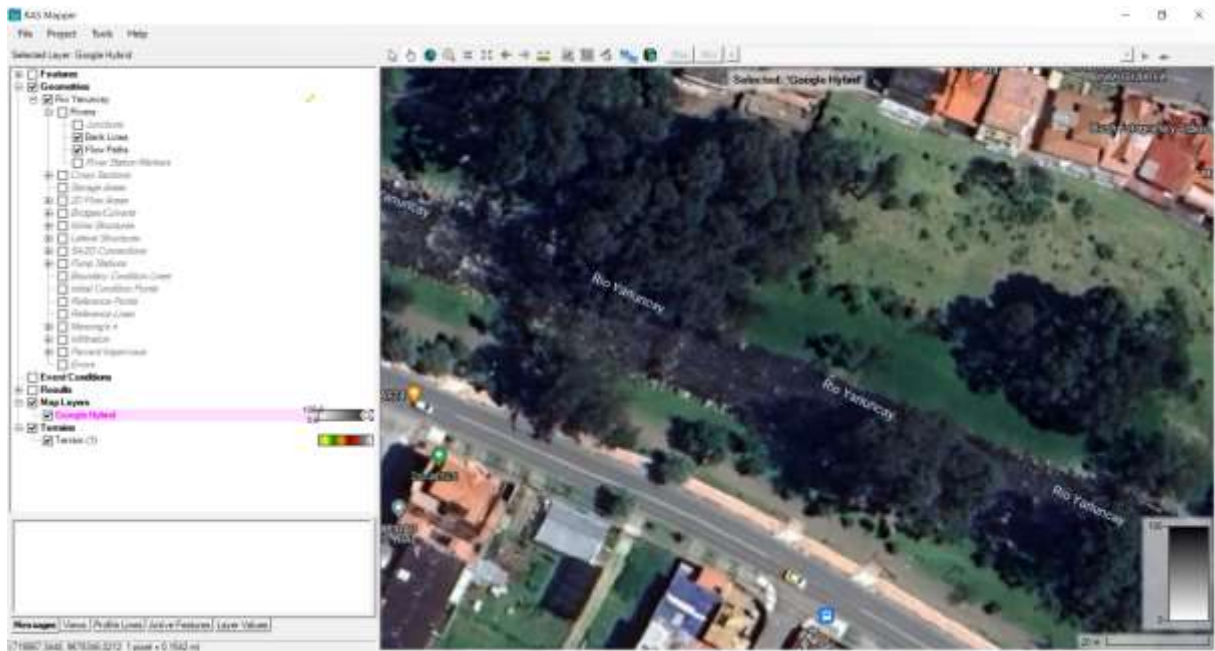


Figura 121: Ubicación del tramo del Río Yanuncay como objeto de estudio con HEC-RAS.
Fuente: El Autor

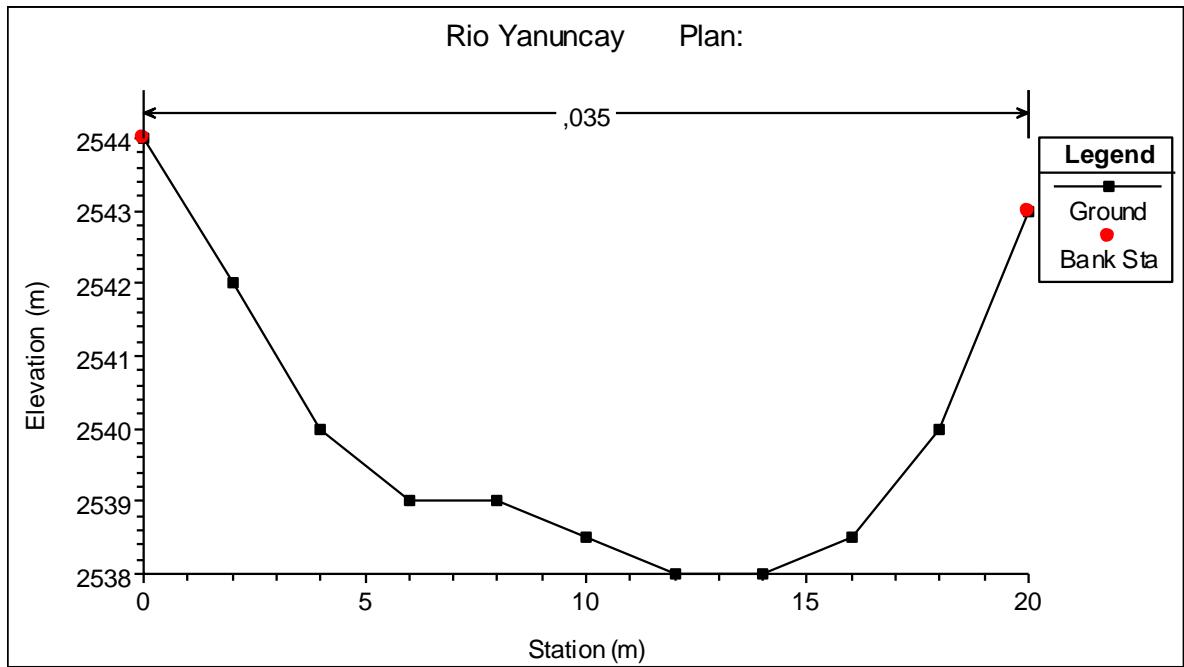


Figura 122: Parámetros de elevación y estación del Río Yanuncay.
Fuente: El Autor

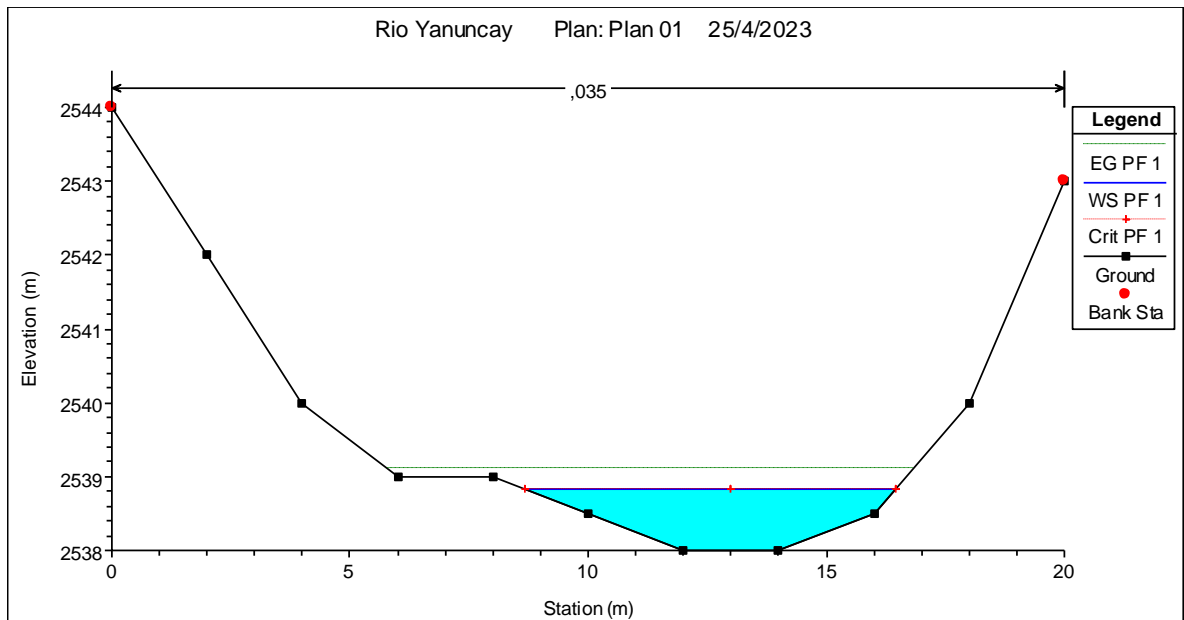


Figura 123: Río Yanuncay-Flujo constante $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
Fuente: El Autor

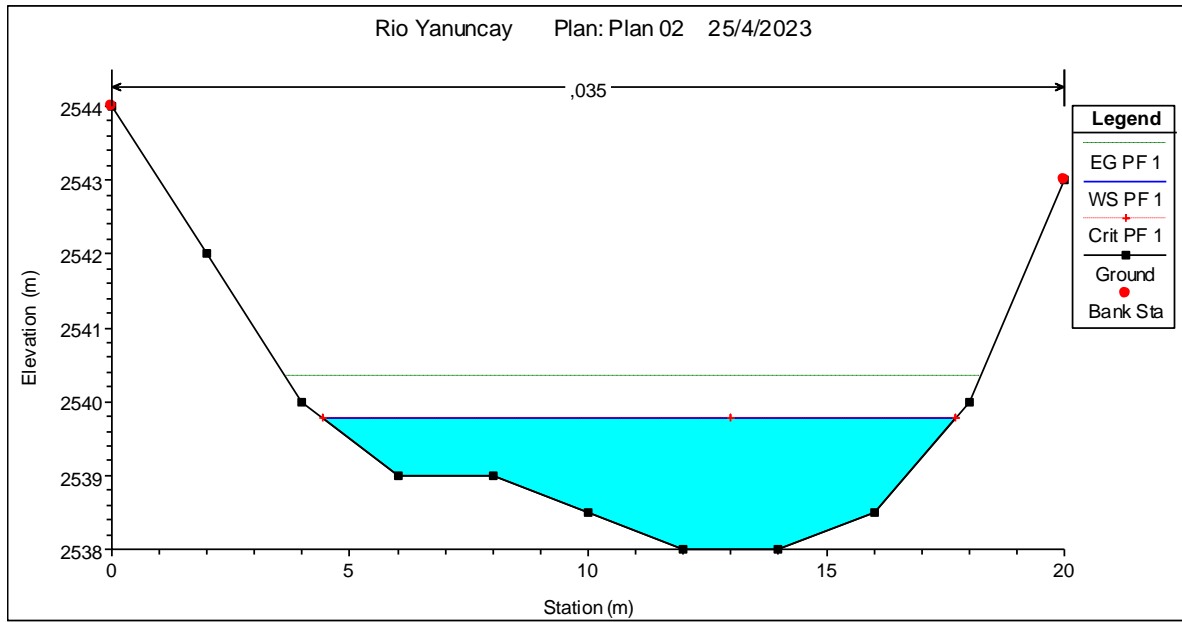


Figura 124: Río Yanuncay-Flujo constante 50 m³/s.
Fuente: El Autor

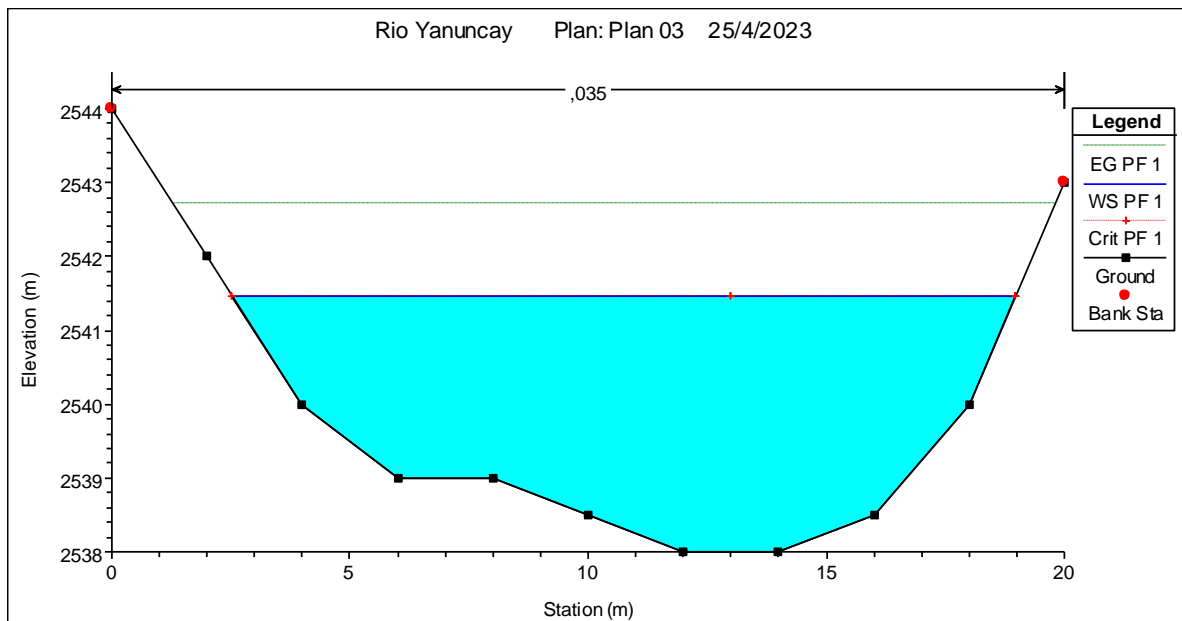


Figura 125: Río Yanuncay-Flujo constante 100 m³/s.
Fuente: El Autor

4.3.3. Análisis del Río Tomebamba HEC-RAS

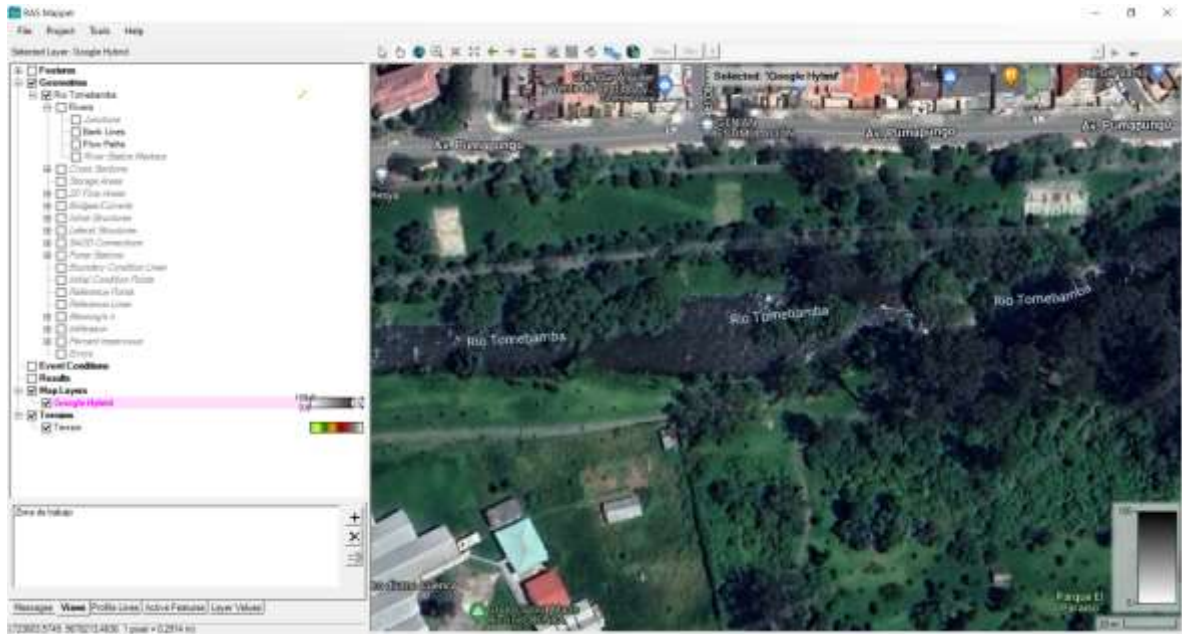


Figura 126: Ubicación del tramo del Río Tomebamba como objeto de estudio con HEC-RAS.
Fuente: El Autor

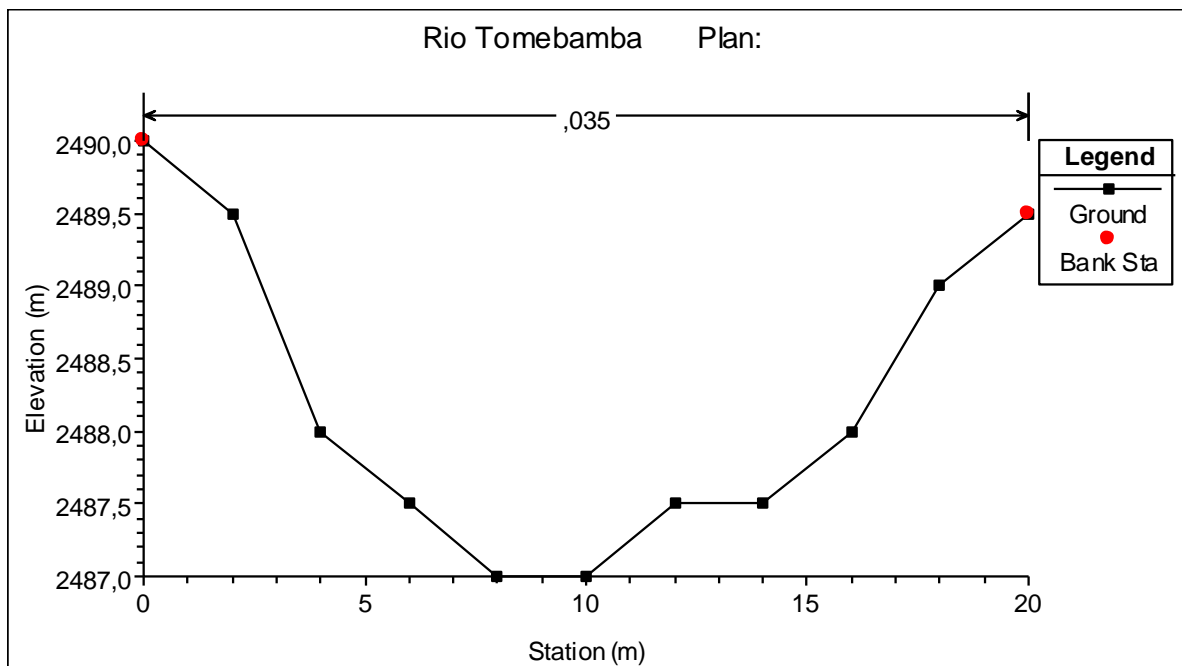


Figura 127: Parámetros de elevación y estación del Río Tomebamba.
Fuente: El Autor

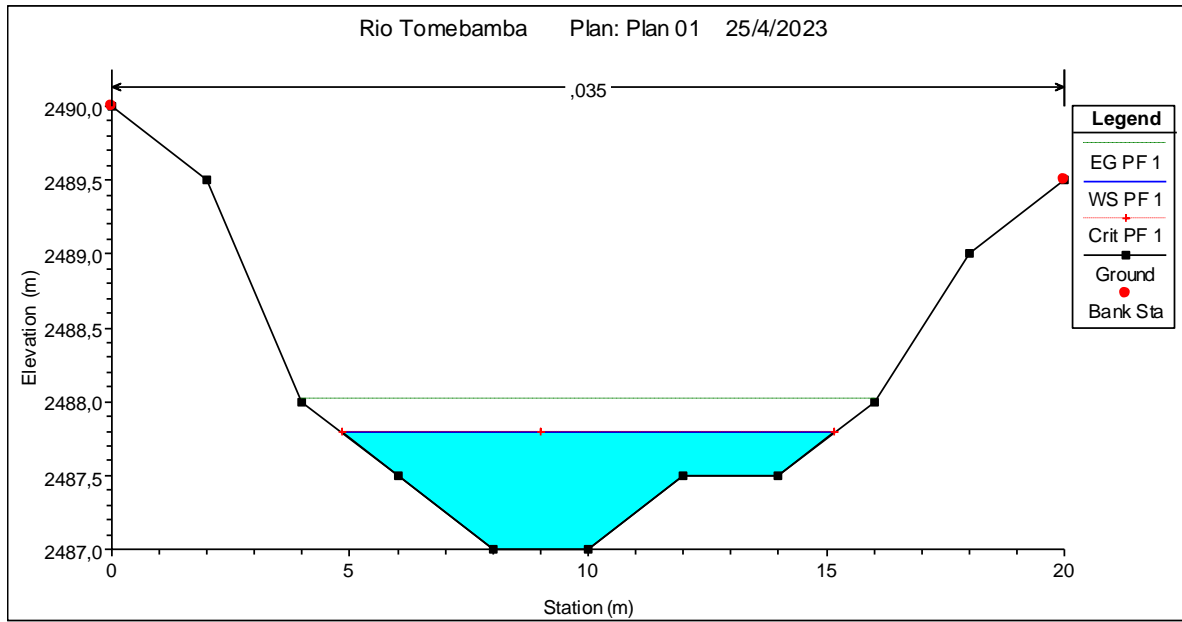


Figura 128: Río Tomebamba-Flujo constante $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
Fuente: El Autor

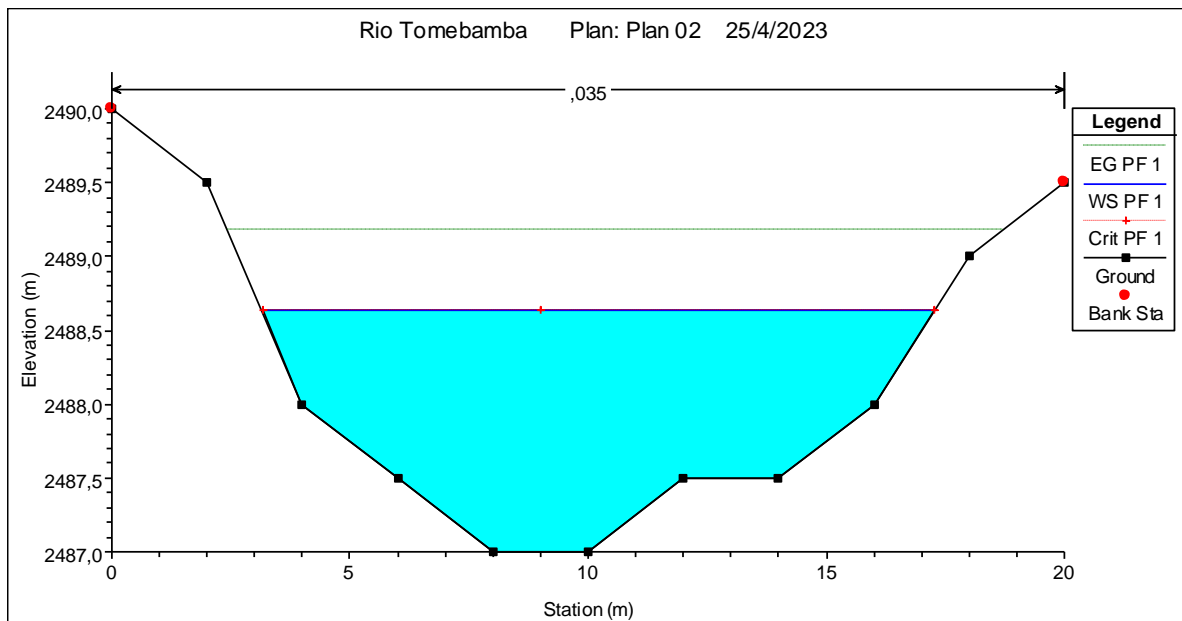


Figura 129: Río Tomebamba-Flujo constante $50 \text{ m}^3/\text{s}$.
Fuente: El Autor

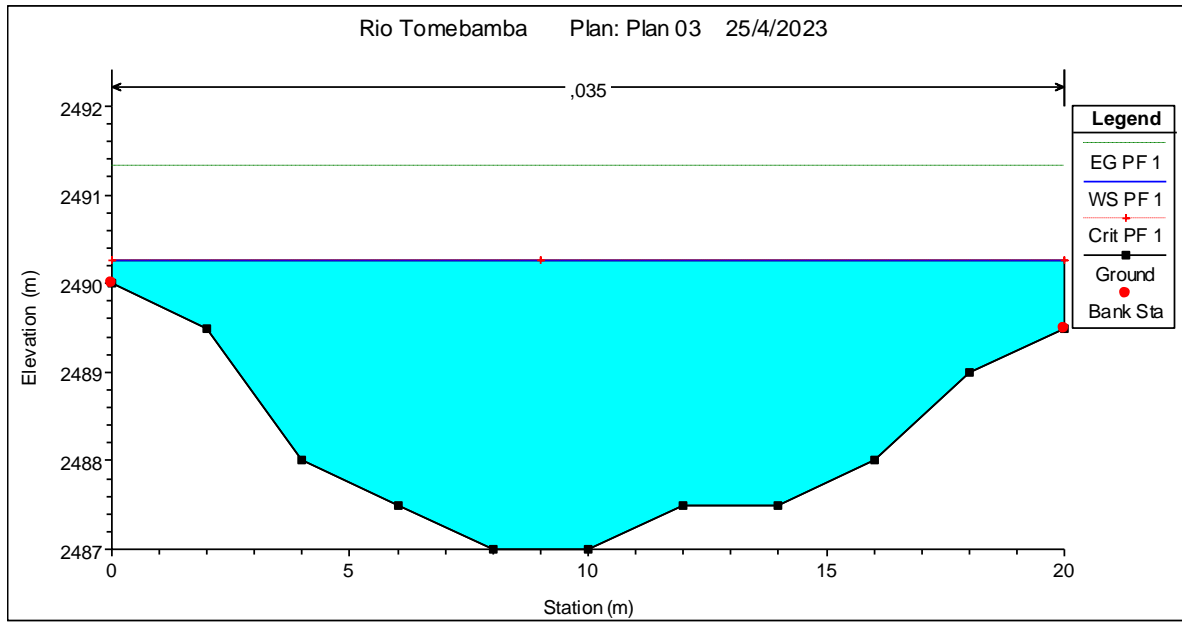


Figura 130: Río Tomebamba-Flujo constante $100 \text{ m}^3/\text{s}$.
Fuente: El Autor

4.3.4. Análisis del Río Machángara HEC-RAS

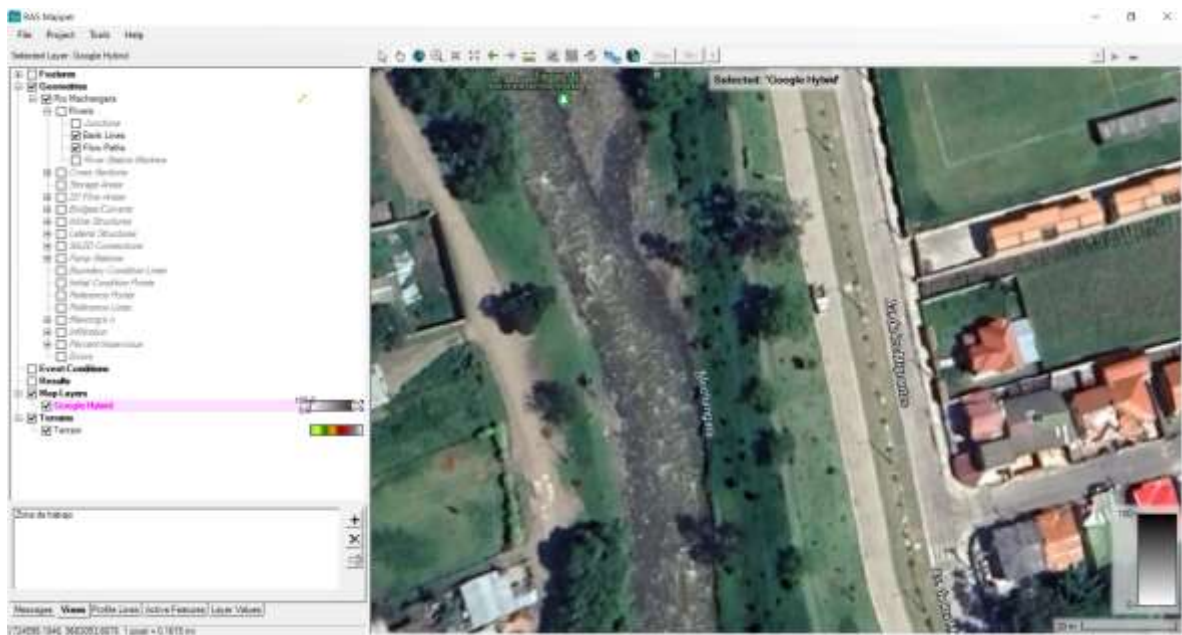


Figura 131: Ubicación del tramo del Río Machángara como objeto de estudio con HEC-RAS.
Fuente: El Autor

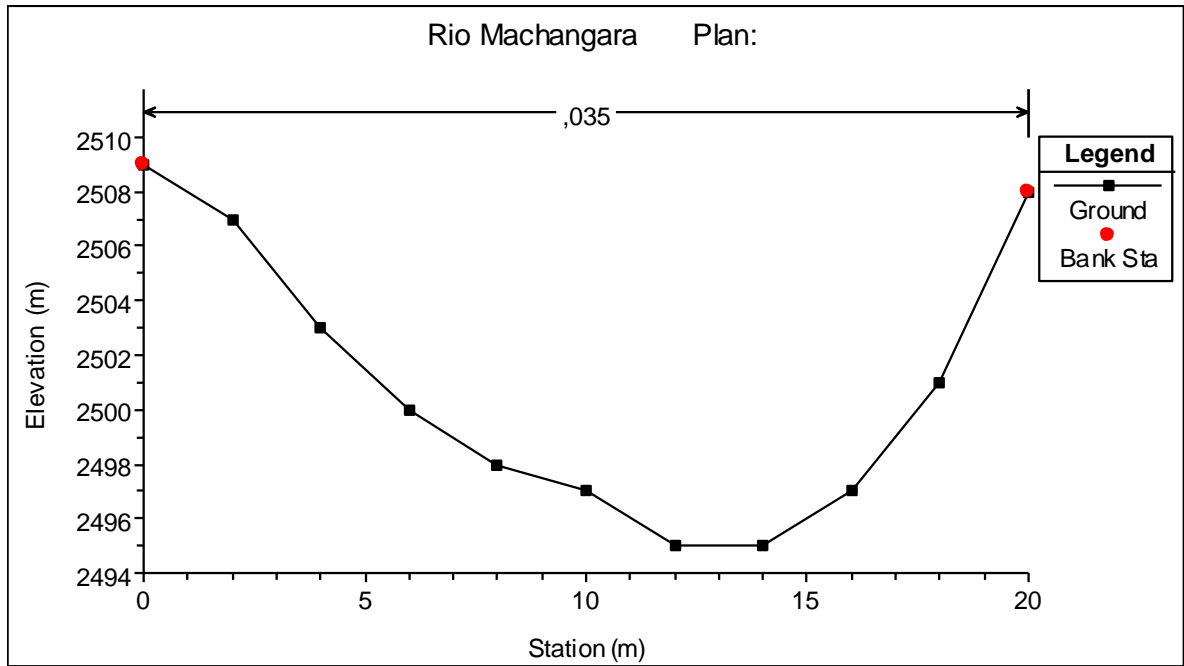


Figura 132: Parámetros de elevación y estación del Río Machángara.
Fuente: El Autor

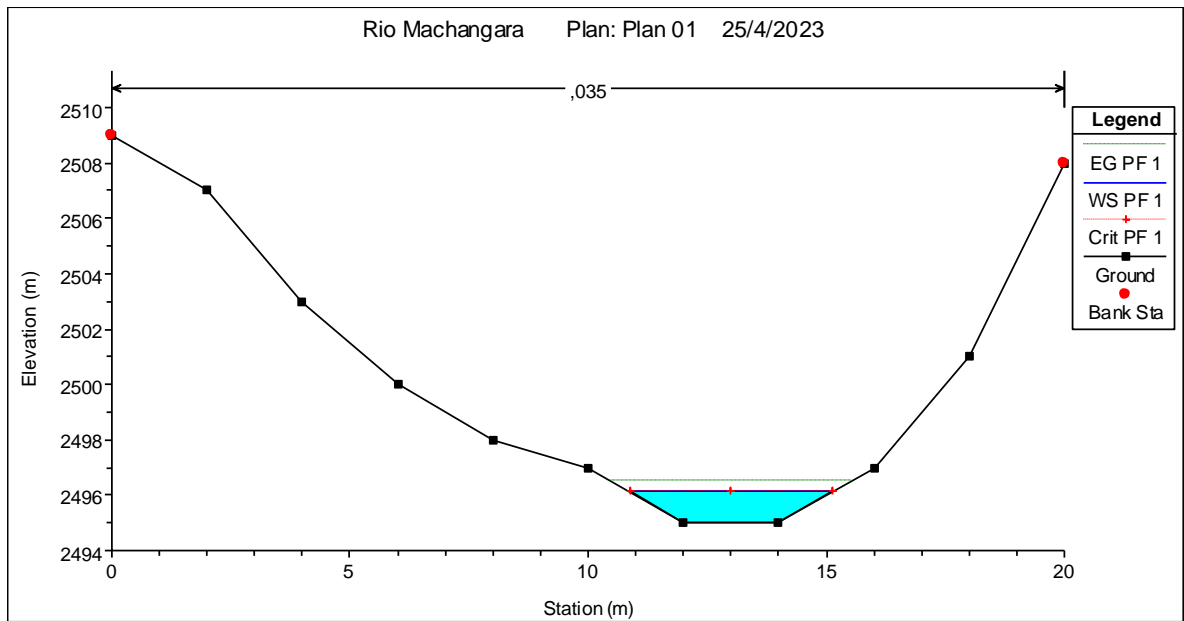


Figura 133: Río Machángara-Flujo constante $10 \text{ m}^3/\text{s}$.
Fuente: El Autor

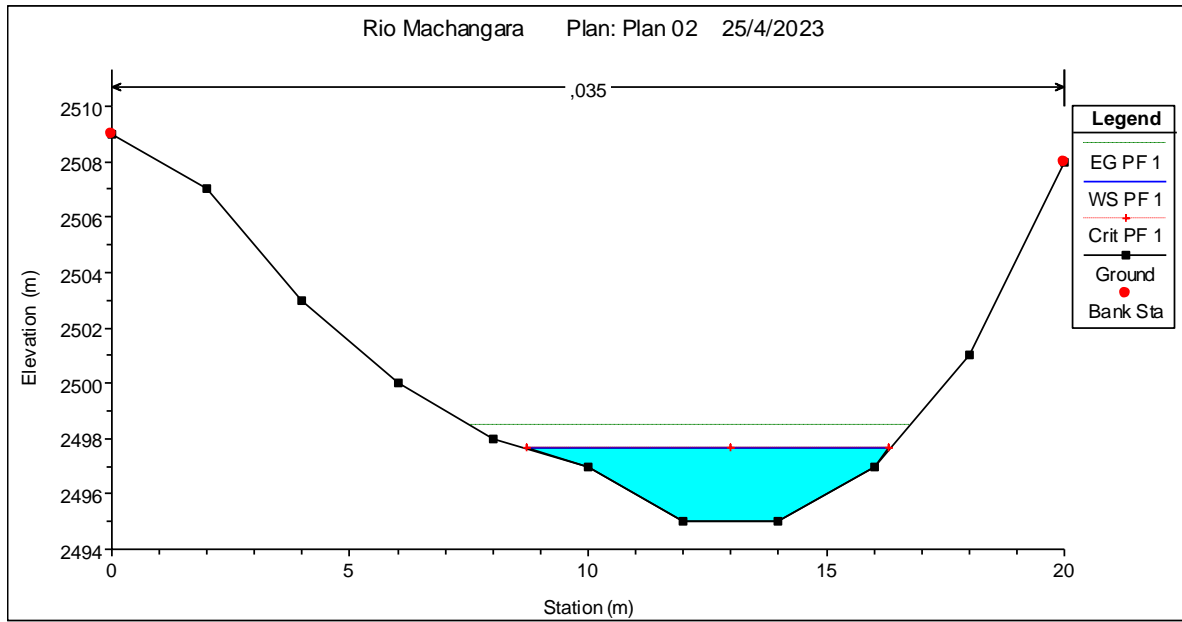


Figura 134: Río Machángara-Flujo constante $50 \text{ m}^3/\text{s}$.
Fuente: El Autor

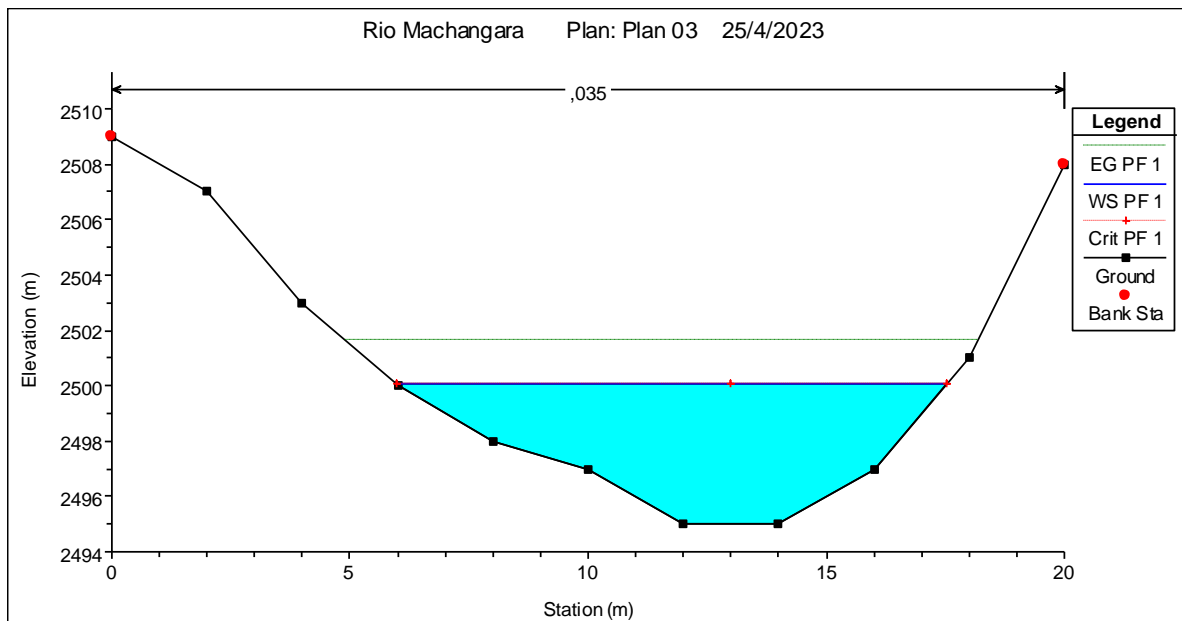


Figura 135: Río Machángara-Flujo constante $100 \text{ m}^3/\text{s}$.
Fuente: El Autor

4.3.5. Análisis del Río Cuenca HEC-RAS

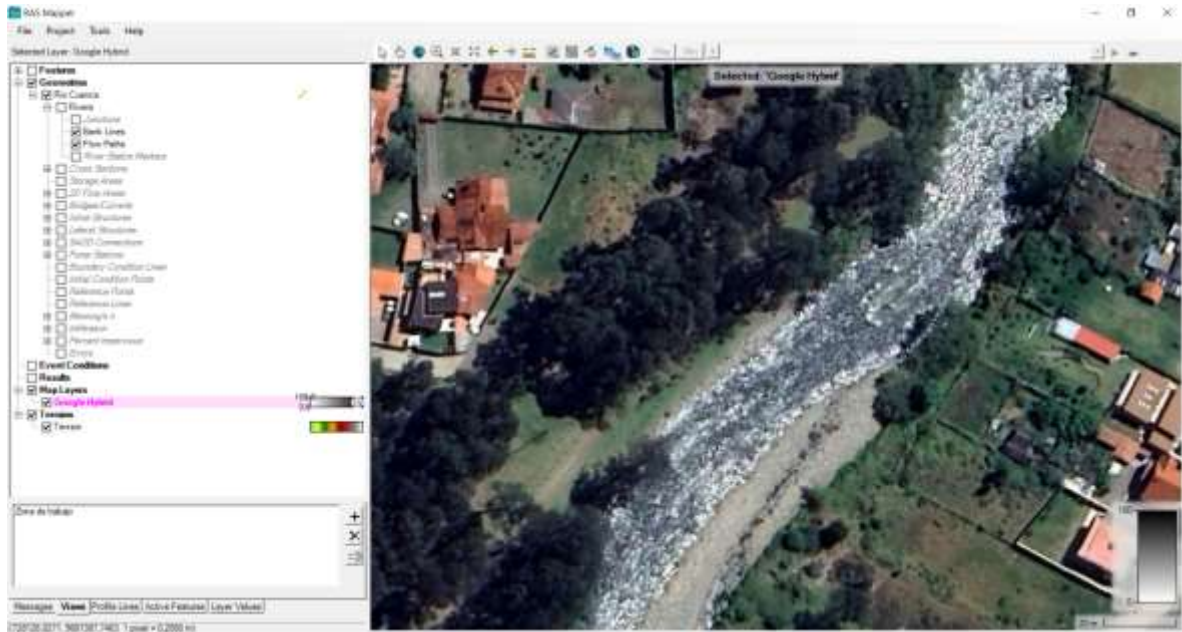


Figura 136: Ubicación del tramo del Río Cuenca como objeto de estudio con HEC-RAS.
Fuente: El Autor

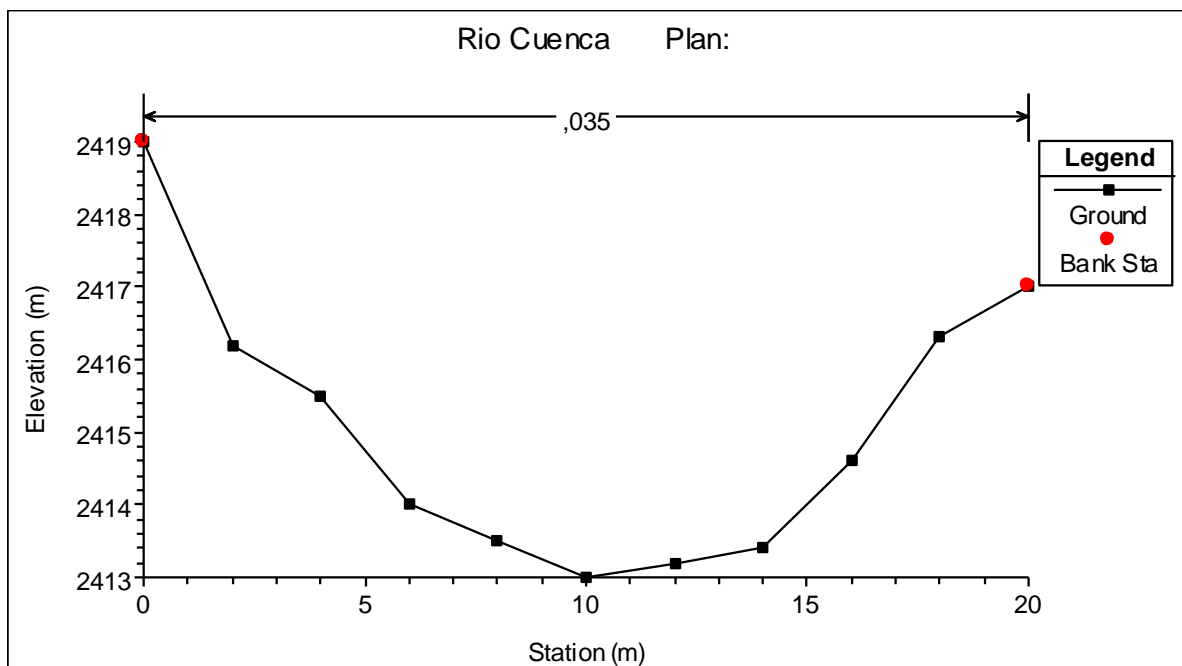


Figura 137: Parámetros de elevación y estación del Río Cuenca.
Fuente: El Autor

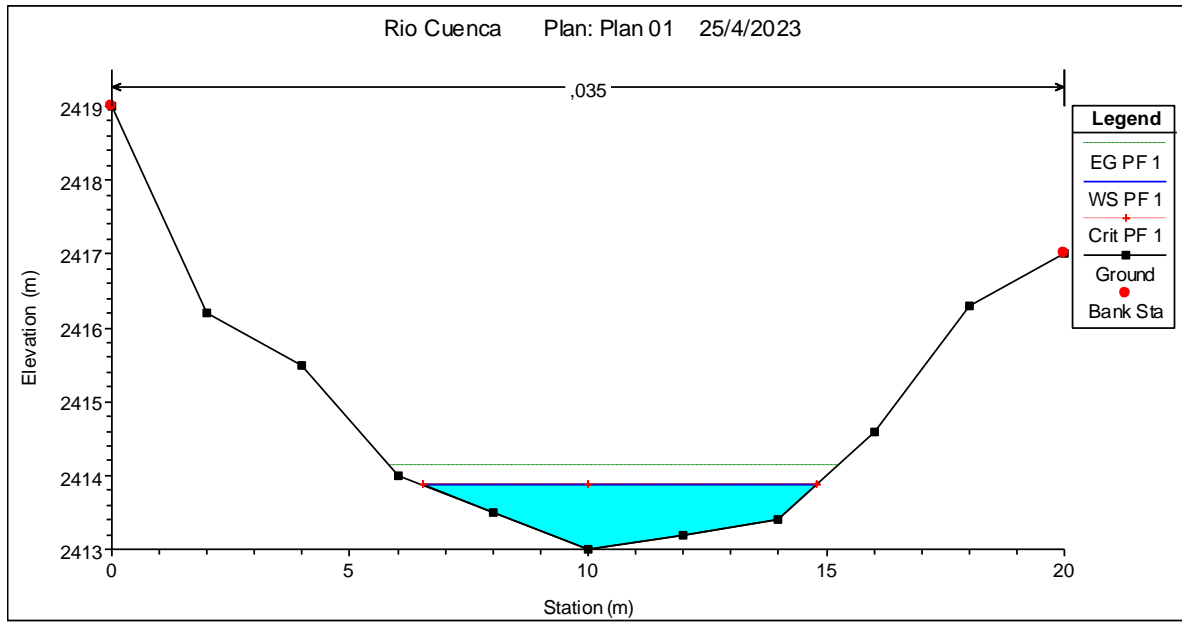


Figura 138: Río Cuenca-Flujo constante 10 m³/s.
Fuente: El Autor

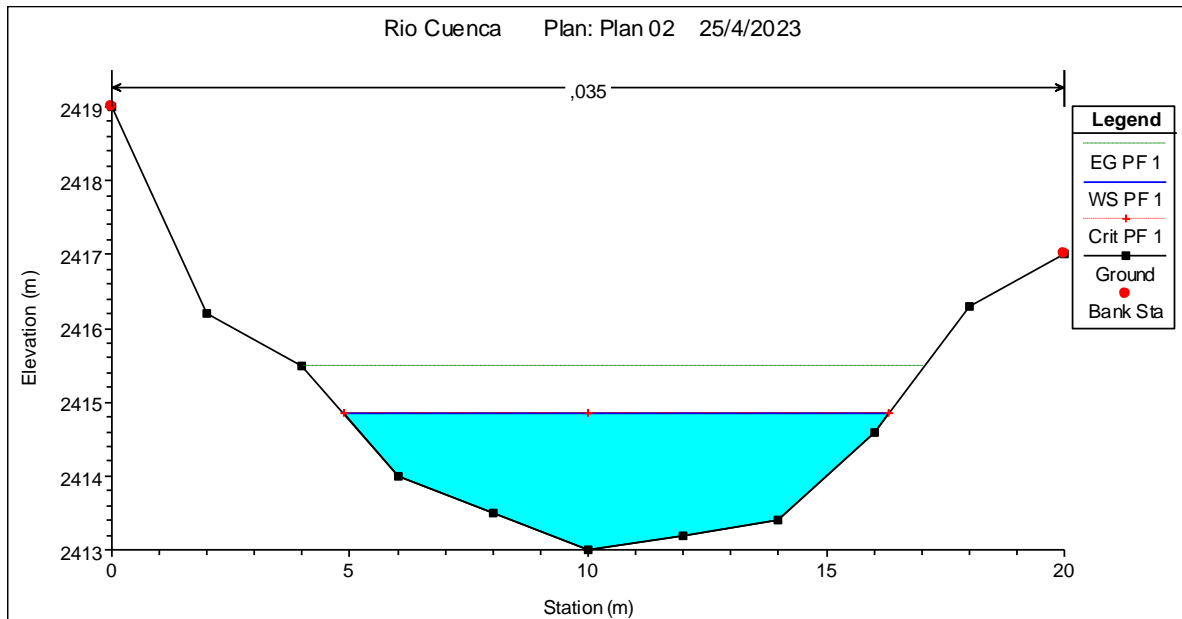


Figura 139: Río Cuenca-Flujo constante 50 m³/s.
Fuente: El Autor

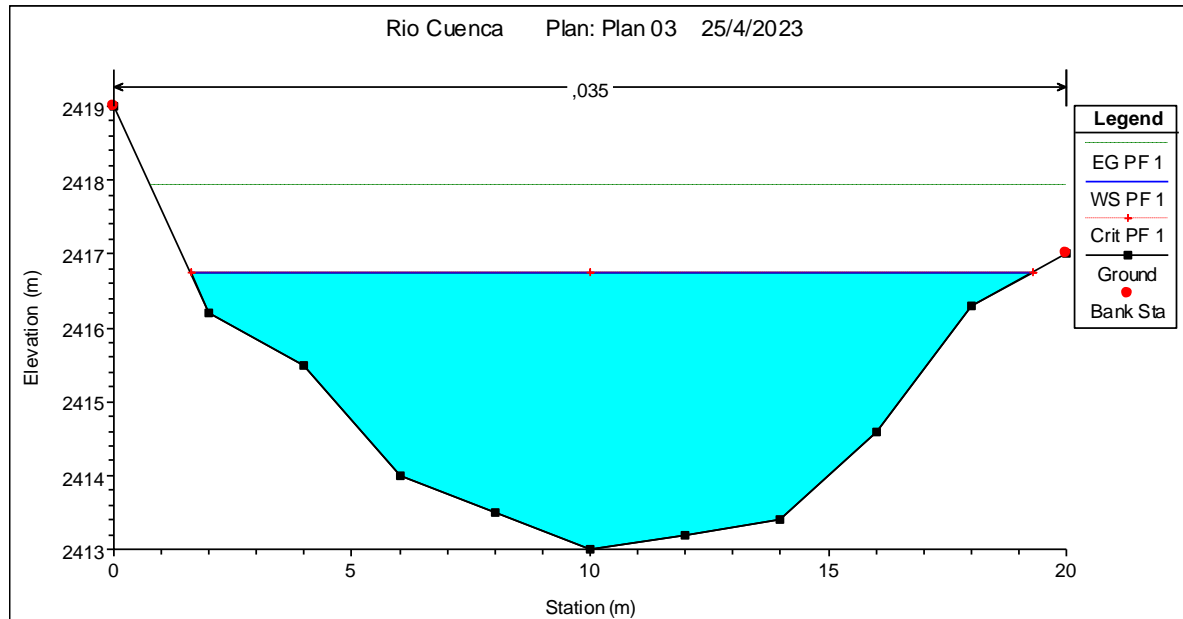


Figura 140: Río Cuenca-Flujo constante $100 \text{ m}^3/\text{s}$.
Fuente: El Autor

4.4. Diseño de Sistema Híbrido PV/WT/HKT

La ciudad de Cuenca se caracteriza por poseer diversas fuentes naturales que pueden ser aprovechadas para generar energía, por lo tanto, estos diseños se basan en la implementación de sistemas híbridos los cuales serán ejecutados en puntos claves, aprovechando los espacios verdes a la orilla de los ríos. Por ello, se han diseñado dos modelos amigables con el medio ambiente con fines de crecimiento energético de tal manera que su implementación no afectará su entorno.

4.4.1. Modelo 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT

Este sistema aprovecha las fuentes naturales en especial los caudales de los ríos para generar energía, esta infraestructura consta de una micro-planta la cual se compone por paneles fotovoltaicos, aerogenerador, sistema de control y almacenamiento, finalmente por una turbina de eje vertical ubicada en los bordes de los ríos para crear energía limpia con la fuerza del agua dado que actúa como un colector en forma de vórtice que dirige el agua hacia las hélices a una velocidad suficiente para que la turbina gire y la energía mecánica genere electricidad. Este sistema ecológico no implica el cambio del curso del río, la inundación de grandes superficies, ni es perjudicial para los peces al tener unas palas especiales que permiten que pasen sin problema, este modelo tiene larga vida útil, requiere poco mantenimiento y son fáciles de instalar.



Figura 141: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (1/7).
Fuente: El Autor



Figura 142: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (2/7).
Fuente: El Autor



Figura 143: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (3/7).
Fuente: El Autor



Figura 144: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (4/7).
Fuente: El Autor



Figura 145: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (5/7).
Fuente: El Autor



Figura 146: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (6/7).
Fuente: El Autor



*Figura 147: Diseño final 1 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (7/7).
Fuente: El Autor*

4.4.2. Modelo 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT

Este modelo a diferencia del anterior, consta de una turbina de eje horizontal, paneles fotovoltaicos, aerogenerador, sistema de control y almacenamiento, este modelo aprovecha las fuentes naturales en especial los caudales de los ríos para generar energía posee compuertas, una de entrada y otra de salida si afectar la flora y fauna existente, las mismas que constan de sensores los cuales permiten que el agua ingrese hasta alcanzar cierto nivel. Independientemente de cada estación las compuertas se abren permitiendo así el ingreso de agua hasta obtener su nivel esperado, de tal forma que permite el abastecimiento de la fuente natural para la producción energética. Cuando el agua alcanza su nivel máximo dentro de las compuertas, la corriente restante nuevamente es expulsada al río para continuar con su trayectoria. Este modelo consta de un sistema de control y almacenamiento de energía facilitando así el abastecimiento energético en luminarias del sector.

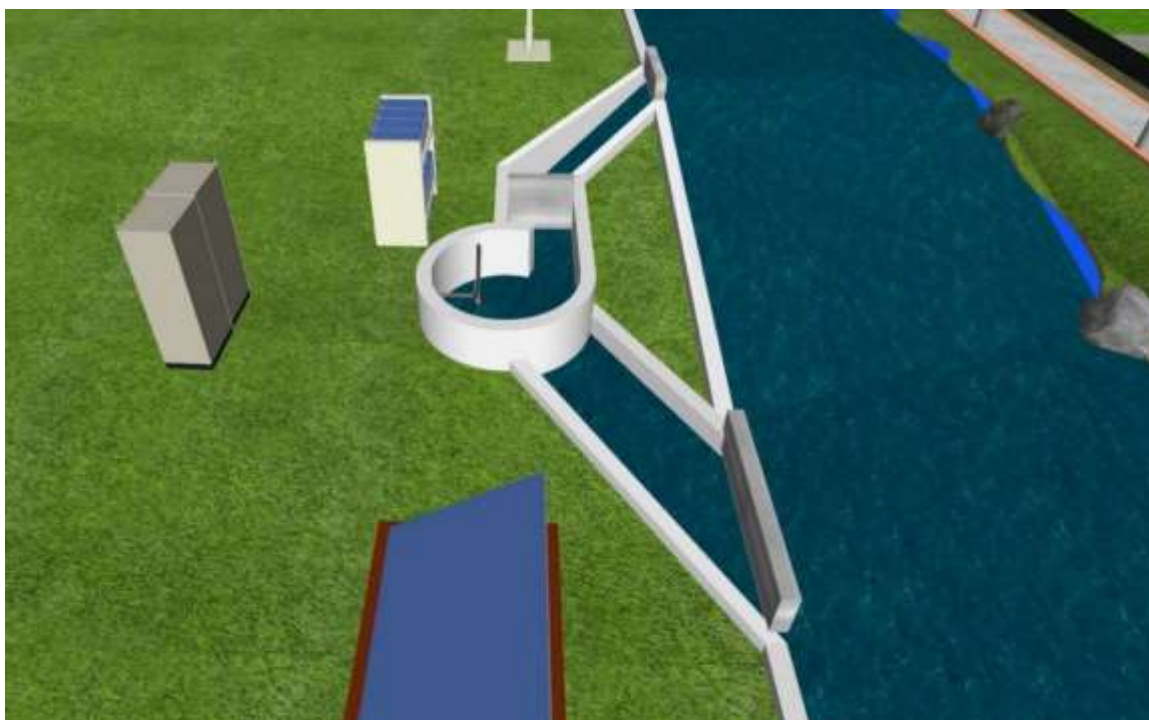


Figura 148: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (1/8).
Fuente: El Autor



Figura 149: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (2/8).
Fuente: El Autor



Figura 150: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (3/8).
Fuente: El Autor



Figura 151: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (4/8).
Fuente: El Autor



Figura 152: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (5/8).
Fuente: El Autor



Figura 153: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (6/8).
Fuente: El Autor



Figura 154: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (7/8).
Fuente: El Autor



Figura 155: Diseño final 2 del Sistema Híbrido PV/WT/HKT mediante los programas SketchUp-ArchiCAD-Lumion (8/8).
Fuente: El Autor

CONCLUSIONES

Como análisis final de este trabajo de investigación se basa en fomentar el uso apropiado de estrategias del modelo híbrido, que toma como fuente a las energías renovables, fundamentalmente se centra en el aprovechamiento de los caudales de los ríos que incluyen turbinas hidrocínicas en la ciudad de Cuenca para poder generar energía limpia. De tal manera que la energía cinética generada por los ríos es considerada uno de los proyectos más importantes inventados por el ser humano para transformar las fuentes energéticas en trabajo mecánico.

La técnica usada para esta investigación del modelo híbrido se basa en un sistema de operación óptimo el cual se conforma en cuatro fragmentos: pronóstico, simulación, optimización y resultados.

Es muy importante el empleo de los factores medioambientales como es el caso del sol, viento y agua favoreciendo a la generación fotovoltaica, eólica e hidrocínica en determinados puntos de los ríos de la ciudad de Cuenca con el objetivo de favorecer el alumbrado brindando seguridad a la sociedad.

Los diversos caudales de los ríos en la ciudad de Cuenca presentan variaciones debido a las diferentes épocas del año, como resultado tenemos que el río Tomebamba presenta mayor fuerza en sus caudales por sus grandes precipitaciones, seguido por el río Yanuncay y Tarqui los cuales presentan caudales moderados, por último, el río Machángara que es caracterizado por ser un río que mantiene sus corrientes pacíficas.

Si bien los datos recopilados por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) las energías renovables contribuyen con el 27% al suministro eléctrico, pero se objetiva que con el paso de los años aumente notablemente la energía eólica y energía fotovoltaica debido al aumento constante de proyectos a investigar e implementar.

En las diferentes épocas del año se presentan variaciones climáticas, de acuerdo a esta investigación es posible decir que su producción energética aproximada alcanza los 220 kW, en donde en la época invernal la energía hidrocínica aporta con 50 kW obteniéndose de su producción constante de los ríos, subdividiéndose en el río Machángara 5 kW, río Tarqui 7 kW, río Yanuncay 10 kW, río Tomebamba 12 kW y por último el río Cuenca 16 kW, la producción fotovoltaica estima los 70 kW, mientras que el aporte eólico representa 100 kW. Por otro lado, en la época de verano la energía hidrocínica aporta con 30 kW, subdividiéndose en el río Machángara 2 kW, río Tarqui 4 kW, río Yanuncay 6 kW, río Tomebamba 8 kW y por último el río Cuenca 10 kW, la producción fotovoltaica estima los 100 kW, y el aporte eólico con 90 kW, cabe recalcar que la producción eólica presenta variaciones

durante el día. Se estima que se utilizarán al menos 6 paneles solares y entre 2 a 3 aerogeneradores en cada sitio antes mencionado.

Como resultados obtenidos de esta investigación podemos decir que el sistema híbrido PV/WT/HKT es apto para implementarse como una nueva tecnología de producción energética beneficiando al desarrollo humano, sin embargo, el implementar este modelo trae consigo una pequeña afectación a la biodiversidad de especies, es por ello que se ha elaborado un plan estratégico para resguardar a la flora y fauna del lugar.

Los diseños elaborados en esta investigación son modelos amigables con el medio ambiente, que constan de infraestructuras competentes para adaptarse a su entorno y a la vez presentan valores económicos ya que su mantenimiento no requiere de cambios constantes teniendo así una larga vida útil para su generación.

RECOMENDACIONES

Es muy importante la implementación de este modelo híbrido debido a los altos beneficios que presenta como es el caso de su infraestructura que se adapta al medio en el que se lo va a emplear y su costo es accesible.

Es recomendable la implementación de estos sistemas híbridos en zonas que cuenten con espacios verdes aptos, los mismos que cuentan con planes estratégicos para no afectar su entorno. Por esta razón es que los materiales empleados en estos sistemas deben de ser de buena calidad dando mantenimiento preventivo cada cierto tiempo para evitar problemas a futuro.

Es necesario contar con la ayuda de varios softwares para poder realizar simulación de los modelos a implementarse, en esta investigación se utilizaron diferentes programas en los cuales se usaron bases de datos en donde se emplearon palabras claves de acuerdo a las necesidades planteadas en esta problemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amazon. (2023). Amazon.com: Controlador de carga solar MPPT de 120 A, 12 V, 24 V, 36 V, 48 V, sistema de batería automático, entrada máxima de 150 V, PV, regulador de panel solar apto para gel sellado inundado y batería de litio: Patio, Césped y Jardín. https://www.amazon.com/-/es/dp/B088WL8TMY/ref=emc_b_5_t?th=1

- Arrieta, E. C., Bedoya, J. A., & Clemente, A. R. (2019). Investigación numérica sobre el uso de álabes multielemento en turbina hidrocínética de eje horizontal. *Revista UIS Ingenierías*, 18(3 (Julio-septiembre)), 117-128.
- Baethge, E., Berzoy, A., Guzmán, V., & Giménez, M. I. (2018). Nuevo sistema de control para el seguimiento del punto de máxima potencia en paneles solares basado en el control predictivo de corriente de convertidores cc-cc. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 15(60), 151-160.
- Benito, T. P. (2013). *El universo de las energías renovables*. Marcombo.
- Bhandari, B., Lee, K.-T., Lee, C. S., Song, C.-K., Maskey, R. K., & Ahn, S.-H. (2014). A novel off-grid hybrid power system comprised of solar photovoltaic, wind, and hydro energy sources. *Applied Energy*, 133, 236-242.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.033>
- Bloomberg. (2022, enero 14). El 93,2% de energía que genera el Ecuador es renovable. Bloomberg Línea. <https://www.bloomberglinea.com/2022/01/14/el-932-de-energia-que-genera-el-ecuador-es-renovable/>
- Bolívar, S. U. Á. (2018). Análisis de factibilidad para el uso de la energía fotovoltaica aislada en sistemas de iluminación en la Comunidad Puntahacienda de Quingeo.
- Cabrera Merchán, W. R., & Villa García, I. S. (2022). Diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico para una residencia que incluye sistemas Smart Home en el cantón Paute, sector San Cristóbal. Universidad Católica de Cuenca.
<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/12144>
- Capta Hydro. (2017, abril 11). Tecnología promete generar energía utilizando canales de riego. *Agriculturers.com | Red de Especialistas en Agricultura*.
<https://agriculturers.com/tecnologia-promete-generar-energia-utilizando-canales-riego/>

- Cardona, C., Sierra, J., Chica, E., & Hincapié-Zuluaga, D. (2018). Turbinas hidrocínéticas de eje horizontal: Una revisión de la literatura. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 09, 180-197. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-03-08>
- Cardona Mancilla, C. C. (2018). Desarrollo de una turbina hidrocínética de eje horizontal de 1 HP para picogeneración de energía eléctrica en zonas no interconectadas. <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/400>
- Cardona-Mancilla, C., Sierra del Río, J., Chica-Arrieta, E., Hincapié-Zuluaga, D., Cardona-Mancilla, C., Sierra del Río, J., Chica-Arrieta, E., & Hincapié-Zuluaga, D. (2018). Turbinas hidrocínéticas de eje horizontal: Una revisión de la literatura. *Tecnología y ciencias del agua*, 9(3), 180-197. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-03-08>
- Castillo, M. del R. V. (2020). El potencial de las energías renovables en México y las tecnologías para su aprovechamiento. *Crisis climática, transición energética y derechos humanos*, 427-448.
- CELEC EP. (2023). Info Parque Eólico Villonaco | Loja—Ecuador. <https://ec.viajandox.com/loja/parque-eolico-villonaco-A3797>
- Chávez Muñoz, H. A.--hechavez@alumnos ubiobio cl. (2015). Pre-diseño del rodete de turbinas para ríos de Chile. <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/188>
- Clementi, L.-V., Jacinto, G.-P., Clementi, L.-V., & Jacinto, G.-P. (2021). Energía eólica distribuida: Oportunidades y desafíos en Argentina. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 29, 48-64. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.29.2021.4590>
- DLMRED. (2021). INVERSOR INDUSTRIAL DC/AC. <http://www.dlmred.com/inverso-dc-ac.html#parentHorizontalTab021>
- Dumas, J., Ratque, J., & Rocchi, A. (2019). Energía hidrocínética | Del aula a la implementación: Una solución se pone en marcha | Editores. https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/344/rochi_ratque_dumas_del_aula_a_la_implementacion?fbclid=IwAR3kDFZq1Rgx1yDeyEP9JX8iaV-Cj5OaIlM5cVMC9egMDYICg7ETP0OKo6E

EcuRed. (2023a). Río Machángara.

https://www.ecured.cu/R%C3%ADo_Mach%C3%A1ngara

EcuRed. (2023b). Río Tarqui. https://www.ecured.cu/R%C3%ADo_Tarqui

EcuRed. (2023c). Río Tomebamba. https://www.ecured.cu/R%C3%ADo_Tomebamba

EcuRed. (2023d). Río Yanuncay. https://www.ecured.cu/R%C3%ADo_Yanuncay

Enercity, S. (2019, noviembre 14). Beneficios Económicos Y Tributarios De La Energía

Solar. Enercity S.A. <https://enercitysa.com/blog/beneficios-economicos-y-tributarios-de-la-energia-solar-en-ecuador/>

EnergiaFV. (2019, enero 3). INSTALACIÓN solar PARA VIVIENDA en San Juan de

Mozarrifar. ENERGIA FV. <https://www.energiafv.com/instalacion-solar-vivienda-unifamiliar-san-juan-de-mozarrifar/>

EnergoClub. (2023). Turbinas Hidroeléctricas | EnergoClub.

<https://www.energoclub.org/page/turbine-idroelettriche>

Escribano Delgado, C. (2018). Determinación de las cargas aerodinámicas en el generador de una turbina eólica marina.

ETAPA EP. (s. f.). Recuperado 19 de diciembre de 2022, de

<https://www.etapa.net.ec/informacion/gestion-ambiental/sistema-de-alerta-temprana-de-inundaciones>

Fernández-Jiménez, A., Blanco-Marigorta, E., Gharib-Yosry, A., Fernández-Pacheco, V.-M., & Álvarez-Álvarez, E. (2021). Evaluación de una turbina hidrocínética de eje vertical para su uso en canales. DYNA-Ingeniería e Industria, 96(2).

Ferro, J. S. (2007). La planeación de Bogotá: Un sistema híbrido de desarrollo progresivo_. 13.

Future Green, T. (2022). DG-12V180Ah.

<https://es.futuregreenbattery.com/uploadfile/attachment/ac66b8f3e7b4c649328e42d8dc75aa47.pdf>

- Gado, M. G., Nada, S., Ookawara, S., & Hassan, H. (2022). Energy management of standalone cascaded adsorption-compression refrigeration system using hybrid biomass-solar-wind energies. *Energy Conversion and Management*, 258, 115387. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115387>
- Gomez, A., Rios, F., & Savino, M. (2020). América Latina: Tres contextos para el desarrollo de energías renovables.
- Guardado, E., Castro, M., & Costa, Á. (2007). Uso de la energía eólica dentro del concepto de generación distribuida y la calidad de energía.pdf. 2007, XXVIII(2), 10.
- Guastay Cajo, W. E., & Llanes Cedeño, E. A. (2020). EL USO DE LA ENERGÍA HIDRÁULICA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 24(104), 28-35. <https://doi.org/10.47460/uct.v24i104.363>
- Guerrero Santana, G. L., & Catagua Mera, K. D. (2021). Sistema de alumbrado público aplicado mediante energía renovable para la Comuna Masa 2, Golfo de Guayaquil. 107.
- Gutiérrez Arguedas, A., Villalobos Villalobos, D., Gutiérrez Arguedas, A., & Villalobos Villalobos, D. (2020). Proyectos hidroeléctricos y resistencias comunitarias en defensa de los ríos en Costa Rica: Un análisis geográfico. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 133-151. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.75271>
- Gutiérrez, J. J. S. (2016). DESARROLLO DE LA ENERGÍA EÓLICA EN COLOMBIA.
- Herrera, M. C., Icaza, D., Aguirre, H., Lojano, A., Nova, F. M., Pulla, S., & Herrera, L. C. (2019). Modeling and simulation of the electrical characteristics of the space satellite prototype UCACUETEL based on the ecuadorian experience PEGASO. 8th International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2019, 89-93. <https://doi.org/10.1109/ICRERA47325.2019.8996684>

- Hydrovolts. (2022). Hydrovolts—C-12—Canal Turbine by Hydrovolts, Inc. <https://energy-xprt.com/products/hydrovolts-model-c-12-canal-turbine-204792>
- Icaza, D., Borge-Diez, D., & Galindo, S. P. (2021). Proposal of 100% renewable energy production for the City of Cuenca- Ecuador by 2050. *Renewable Energy*, 170, 1324-1341. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.067>
- Icaza, D., Borge-Diez, D., Pulla Galindo, S., & Flores-Vázquez, C. (2020). Modeling and Simulation of a Hybrid System of Solar Panels and Wind Turbines for the Supply of Autonomous Electrical Energy to Organic Architectures. *Energies*, 13(18), 4649. <https://doi.org/10.3390/en13184649>
- Icaza-Alvarez, D., Jurado, F., Tostado-Véliz, M., & Arevalo, P. (2022). Design to include a wind turbine and socio-techno-economic analysis of an isolated airplane-type organic building based on a photovoltaic/hydrokinetic/battery. *Energy Conversion and Management: X*, 14, 100202. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100202>
- Idénergie. (2023). Especificaciones. Idénergie. <https://idenergie.ca/es/especificaciones/>
- Imeon, E. (2022). Imeon Energy. QKSOL - Energy Solutions. <https://qksol.com/imeon/>
- INEC. (2022). Objetivo 7: Energía Renovable. ODS Territorio Ecuador. <https://odsterritorioecuador.ec/objetivo-7-energia-renovable/>
- Játiva, L. H. Á., Villarreal, J. V. A., Ponce, P. F. P., & Tituaña, J. A. M. (2022). Energía eólica en zonas rurales del Ecuador. *AlfaPublicaciones*, 4(3.1), Article 3.1. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.1.263>
- Kumar, A., & Saini, R. P. (2017). Techno-Economic Analysis of Hydrokinetic Turbines [Preprint]. *ENGINEERING*. <https://doi.org/10.20944/preprints201704.0072.v1>
- Kusakana, K. (2015). Feasibility analysis of river off-grid hydrokinetic systems with pumped hydro storage in rural applications. *Energy Conversion and Management*, 96, 352-362. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.02.089>
- Lata-García, J., Jurado, F., Fernández-Ramírez, L. M., & Sánchez-Sainz, H. (2018). Optimal hydrokinetic turbine location and techno-economic analysis of a hybrid system based

- on photovoltaic/hydrokinetic/hydrogen/battery. *Energy*, 159, 611-620.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.183>
- Li, Y., Ming, B., Huang, Q., Wang, Y., Liu, P., & Guo, P. (2022). Identifying effective operating rules for large hydro–solar–wind hybrid systems based on an implicit stochastic optimization framework. *Energy*, 245, 123260.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123260>
- Lin, S., Ma, T., & Shahzad Javed, M. (2020). Prefeasibility study of a distributed photovoltaic system with pumped hydro storage for residential buildings. *Energy Conversion and Management*, 222, 113199. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113199>
- Llerena, E. C. V. (2014). Universidad de Cuenca.
- Luz, T., Moura, P., & de Almeida, A. (2018). Multi-objective power generation expansion planning with high penetration of renewables. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2637-2643. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.069>
- Maldonado Quispe, F. (2005). Diseño de una turbina de río para la generación de electricidad en el distrito de Mazán-Región Loreto.
https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/monografias/basic/maldonado_qf/maldonado_qf.pdf
- MALEWAR, A. (2022, abril 26). Idénergie's portable and recyclable river turbine produces 12kWh of power daily. Inceptive Mind. <https://www.inceptivemind.com/idenergie-portable-recyclable-hydrokinetic-turbine/24421/>
- Marcillo, J. L. M., & Fuentes, F. F. C. (2016). Determinación de áreas óptimas para instalaciones de energía solar y eólica en Quevedo, provincia de Los Ríos, aplicando sistemas de información geográfica. *RIAT: Revista Interamericana de Medioambiente y Turismo*, 12(2), 129-138.
- Martínez, D., Piamba, T., Fierro, A., & Gualguan, A. (2018). Caracterización y aprovechamiento del potencial energético renovable de afluentes hídricos de ríos y quebradas del departamento de Nariño, con el fin de suministrar energía a zonas no

interconectadas. Informador Técnico, 82(2), Article 2.

<https://doi.org/10.23850/22565035.1499>

Martinho, F. M. (2016, noviembre 9). Energía eólica: Estudios y reflexiones sobre la viabilidad del potencial de esta energía en Brasil. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/ingenieria-de-produccion/energia-eolica-estudios>

Medina, C. A. A. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS CON CAPACIDAD DE 20 kW/mes PARA SER UTILIZADOS EN INSTALACIONES INDUSTRIALES.

Medio Ambiente. (2020, octubre 7). Aerogeneradores verticales: Partes, principio de funcionamiento, ventajas y desventajas. Eres Medio Ambiente.

<https://eresmedioambiente.com/aerogeneradores-eolicos-verticales/>

mheducation. (2022). Componentes de una instalación solar fotovoltaica.

<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

Ministerio de Energía y Minas. (2019). Chachimbiro, Imbabura, tendrá la primera central de generación eléctrica con energía geotérmica – Ministerio de Energía y Minas.

<https://www.recursosyenergia.gob.ec/chachimbiro-imbabura-tendra-la-primera-central-de-generacion-electrica-con-energia-geotermica/>

Ministerio de Energía y Minas. (2022). CENTRAL EÓLICA “VILLONACO” – Ministerio de Energía y Minas. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/central-eolica-villonaco/>

MONTES, Y. M., PÉREZ, Y. L., MARTÍNEZ, A. R., & DOMÍNGUEZ, R. R. (2019). ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD SOCIO-AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, CASO DE ESTUDIO: TERMOELÉCTRICA PLUTARCO ELÍAS CALLES" PETACALCO. SERIEPONENCIAS, 44.

Morales, J. R. R., & Martínez, K. C. (2021). Análisis Análisis prospectivo de la cadena de suministro para el desarrollo de energía eólica marina en Costa Rica: Análisis prospectivo de la cadena de suministro para el desarrollo de energía eólica marina

en Costa Rica. *Repertorio Científico*, 24(1), Article 1.

<https://doi.org/10.22458/rc.v24i1.3495>

Moreno, M. F., Trashorras, A. J. G., & Álvarez, E. Á. (2015). ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE ENERGÍA HIDROCINÉTICA EN LA DESEMBOCADURA DE LA RÍA DE RIBADESELLA. 13.

Morocho Quishpi, C. F., & Correa Heredia, J. P. (2021). Implementación de energía fotovoltaica para sistemas de iluminación en monumentos turísticos. Universidad Católica de Cuenca. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/10747>

Noritz, M. (2021). Ecuador actualiza su Plan Maestro de Electricidad para impulsar inversiones en Energías Renovables No Convencionales por cerca de USD 2.200 Millones. <https://www.celec.gob.ec/electroguayas/index.php/sala-de-prensa/noticias/575-ecuador-actualiza-su-plan-maestro-de-electricidad-para-impulsar-inversiones-en-energias-renovables-no-convencionales-por-cerca-de-usd-2-200-millones>

Núñez-Blanco, Y., Ramírez-Cerpa, E., Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, Universidad de la Costa CUC, Barranquilla, Colombia, Sánchez-Comas, A., Departamento de Gestión Industrial, Agroindustrial y Operaciones, Universidad de la Costa CUC, Barranquilla, Colombia, & Departamento de Civil y Ambiental, Universidad de la Costa CUC, Barranquilla, Colombia. (2020). Revisión de sistemas de telemetría en ríos: Propuesta para el río Magdalena, Barranquilla, Colombia. *Tecnología y ciencias del agua*, 11(5), 298-343. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-05-08>

Orellana, D., & Jacqueline, G. (2015). Estimación de la radiación solar global diaria en el cantón Cuenca mediante la aplicación del modelo Bristow & Campbell.

Ortiz, R. (2017). Diseño de una turbina hidrocínética de eje horizontal para microgeneración de energía eléctrica. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/4018>

- Padilla Peralta, K. P., & Castillo Sánchez, J. A. (2021). Propuesta de parque solar fotovoltaico flotante en embalse de agua dulce en la República Dominicana 2021 [Thesis, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña].
<https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/4142>
- Palomino, D. (2017, septiembre 17). Energía Undimotriz o energía de la olas. Renovables Verdes. <https://www.renovablesverdes.com/energia-undimotriz/>
- Párraga Palacios, Á. G., Intriago Rodríguez, S. A., Velasco Fuentes., E. D., Cedeño Quinto, V. M., Cedeño Quinto, V. M., Murillo Párraga, N. L., & Zambrano Gavilanes, F. E. (2019). Producción de energía eólica en Ecuador. *Ciencia Digital*, 3(3), 22-32.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.610>
- Pazmiño, P., & Josué, Á. (2019). Estudio y simulación de una turbina hidrocínética para generar energía eléctrica en la universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. 85.
- Peláez-Samaniego, M. R., & Espinoza Abad, J. L. (2015). Energías renovables en el Ecuador situación actual, tendencias y perspectivas. Universidad de Cuenca.
- PETROENERGÍA. (2021, julio 19). Ecuador actualiza el Bloque de Energías Renovables a 500 MW con inversión por USD 300 millones. Petroenergía.
<https://www.petroenergia.info/post/ecuador-actualiza-el-bloque-de-energias-renovables-a-500-mw-con-inversion-por-usd-300-millones>
- Pika, E. (2023). Pika Home Wind Turbine/ T701. https://www.solar-electric.com/lib/wind-sun/Pika_T701_Turbine_Datasheet.pdf
- Ponce-Jara, M. A., Castro, M., Pelaez-Samaniego, M. R., Espinoza-Abad, J. L., & Ruiz, E. (2018). Electricity sector in Ecuador: An overview of the 2007–2017 decade. *Energy Policy*, 113, 513-522. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.036>
- Portoviejo Brito, J. M. (2017). Análisis de factibilidad para la implementación de sistemas híbridos (Eólico-fotovoltaico) en las inmediaciones del centro patrimonial de Quingeo y zona arqueológica Curiquinga.

- Ramírez, A. C., Duque, F. V., & Velásquez, J. A. V. (2014). Diseño multiobjetivo de un sistema híbrido eólico-solar con baterías para zonas no interconectadas. *Tecnura*, 18(39), 77-93.
- Ramírez, I. I. V., Catana, I. C. S., Álvarez, I. L. B., & Galván, L. Z. G. (2013). VALIDACIÓN DEL USO DE ENERGÍA RENOVABLE PARA SU APLICACIÓN EN EL SUBSECTOR AGRÍCOLA. 58.
- Ramon, C., & Ramon, S. (2016). CANADIAN SOLAR (USA) INC.
- REPSOL. (2023). ¿Qué es la biomasa? Ventajas y tipos. REPSOL.
<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/biomasa/index.cshtml>
- Restrepo Zapata, K. Y. (2021). Turbinas hidrocínéticas utilizadas para la generación de energía: Características, principio de funcionamiento e impactos ambientales asociados. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/2016>
- Rivadeneira, D. (2015). MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA OPERACIÓN DE GENERADORES QUE EMPLEAN TURBINAS HIDROCINÉTICAS EN RÍOS DE BAJO CAUDAL”.
- Rodriguez Bejarano, L. R. (2018). Diseño, Construcción y Optimización de turbinas Hidrocínéticas de ríos y canales para Generación de Energía Eléctrica. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8760>
- ROJAS, J. A. R. (2015). INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. Universidad Politécnica de Sinaloa.
- Romera Sánchez, J. (2015). Fuentes de energía renovables y su impacto medioambiental.
- Romero-Menco, F., Rubio-Clemente, A., & Chica, E. (2022). Turbinas hidrocínéticas tipo propela: Una alternativa para la generación de energía eléctrica. *Revista UIS Ingenierías*, 21(3), Article 3. <https://doi.org/10.18273/revuin.v21n3-2022010>
- Rommel Alexis, B. L., & Llanes Cedeño, E. A. (2020). LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL ECUADOR A PARTIR

DEL USO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. Universidad Ciencia y Tecnología, 24(104), 36-46. <https://doi.org/10.47460/uct.v24i104.364>

Romo Fernández, L. M., Guerrero Bote, V. P., & Moya Anegón, F. (2013). Análisis de la producción científica española en energías renovables, sostenibilidad y medio ambiente (Scopus, 2003-2009) en el contexto mundial. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información*, 27(60), 125-151. [https://doi.org/10.1016/S0187-358X\(13\)72546-2](https://doi.org/10.1016/S0187-358X(13)72546-2)

Sánchez, C. (2016). TURBINAS HIDROCINÉTICAS UNA ALTERNATIVA PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA. 2, 10.

Sarzosa, A. (2022). Paneles solares: Una oportunidad sostenible que Ecuador puede aprovechar. *Primicias*. https://www.primicias.ec/nota_comercial/hablemos-de/cambio/buenaspracticas/paneles-solares-una-oportunidad-sostenible-que-ecuador-puede-aprovechar/

Schallenberg Rodríguez, J. C. (2012). Evolución energética y perspectivas de implantación de energías renovables en Canarias: Mecanismos de incentivos a la electricidad de origen renovable.

Sector Electricidad. (2022). ¿Qué es la energía mareomotriz y cómo funciona? Sector Electricidad | Profesionales en Ingeniería Eléctrica. <https://www.sectorelectricidad.com/37924/que-es-la-energia-mareomotriz-y-como-funciona/>

Siguencia Avila, M. E., & Rey Perez, J. (2016). Heritage values protection, from the monument to the urban dimension. Case study: The historic centre of Santa Ana de los Ríos de Cuenca, Ecuador. *Historic Environment: Policy and Practice*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/29023>

SMART HYDRO POWER. (2023a). Electrificación híbrida Perú | SMART HYDRO POWER. ES SMART HYDRO POWER. <https://www.smart-hydro.de/es/proyectos-energias-renovables/electrificacion-hibrida-de-una-aldea-peru/>

- SMART HYDRO POWER. (2023b). Germany Grid-Connected Turbine. SMART HYDRO POWER. <https://www.smart-hydro.de/decentralized-rural-electrification-projects-worldwide/germany-grid-connected-turbine/>
- SMART HYDRO POWER. (2023c). Servicios Comunitarios con un Sistema Híbrido SMART. ES SMART HYDRO POWER. <https://www.smart-hydro.de/es/proyectos-energias-renovables/servicios-comunitarios-con-un-sistema-hibrido-smart-en-peru/>
- SMART HYDRO POWER. (2023d). TURBINA SMART MONOFLOAT. https://smart-hydro.de/wp-content/uploads/sites/3/2016/03/es_Datasheet_SMART_Monofloat.pdf
- Solar, E. (2020). Panel solar policristalino de 310w. Energía solar en Argentina- Fillsun. <https://www.energia-solar.com.ar/?product=panel-solar-policristalino-de-310w>
- Solar, E. F. C. (2021, diciembre 17). Paneles Solares Monocristalinos. ¡Todo lo que debes saber! - EFC SOLAR. Expertos en energía solar fotovoltaica y paneles solares | EFC SOLAR. <https://www.efcsolar.com/energia-solar-fotovoltaica/placas-solares-monocristalinas-caracteristicas-y-ventajas/>
- Solar, S. (2023). PVL68T - RF2_87 136 W - Módulo fotovoltaico de capa fina by SUNERG SOLAR | ArchiExpo. <https://www.archiexpo.es/prod/sunerg-solar/product-62622-1285453.html>
- Terneus-Páez, F., Jiménez-Mendoza, S., Terneus-Páez, F., & Jiménez-Mendoza, S. (2019). NEXO AGUA – ENERGÍA: ANÁLISIS DEL FLUJO HÍDRICO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA CODO SINCLAIR. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, 21, 53-62. <https://doi.org/10.17163/ings.n21.2019.05>
- Tomás-Rodríguez, M., & Santos, M. (2019). Modelado y control de turbinas eólicas marinas flotantes. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, 16(4), 381-390.
- Torriti, J., Hassan, M. G., & Leach, M. (2010). Demand response experience in Europe: Policies, programmes and implementation. Energy, 35(4), 1575-1583. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.05.021>

UNCUYO, P. I. (2014). Probaron una turbina hidrocínética que producirá energía renovable.

Prensa Institucional UNCUYO. <https://www.uncuyo.edu.ar/prensa/probaron-una-turbina-hidrocinetica-para-producir-energia-renovable>

Vaca, D., & Ordóñez, F. (2020). Mapa Solar del Ecuador 2019. Yessenia Yaguana.

file:///C:/Users/HP/Downloads/ATLASSOLARDELECUADOR.pdf

Waterotor. (2023). Products. Waterotor Energy Technologies. [//waterotor.com/products/](https://waterotor.com/products/)

Weather, S. (2023). El clima en Cuenca, el tiempo por mes, temperatura promedio

(Ecuador)—Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/y/19348/Clima-promedio-en-Cuenca-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

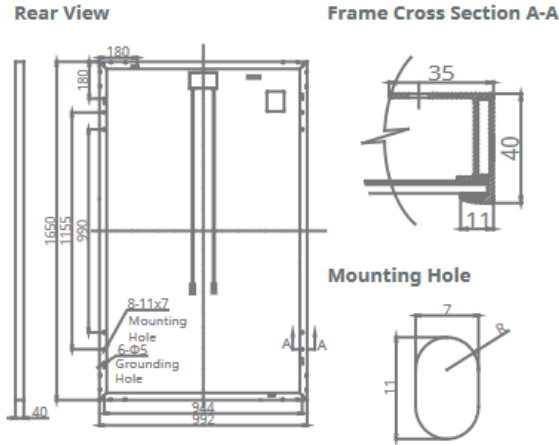
Winkler, H., Simões, A. F., Rovere, E. L. la, Alam, M., Rahman, A., & Mwakasonda, S.

(2011). Access and Affordability of Electricity in Developing Countries. *World Development*, 39(6), 1037-1050. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.02.021>

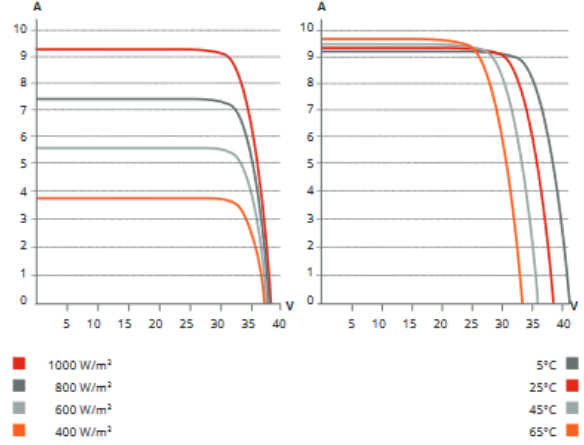
ANEXOS

Anexo 1: Datasheet de Panel Fotovoltaico de modelo CS6K-280M.

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6K-275M / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA / STC*

CS6K	270M	275M	280M
Nominal Max. Power (Pmax)	270 W	275 W	280 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	31.1 V	31.3 V	31.5 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.67 A	8.80 A	8.89 A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.2 V	38.3 V	38.5 V
Short Circuit Current (Isc)	9.19 A	9.31 A	9.43 A
Module Efficiency	16.50 %	16.80 %	17.11 %
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6×10)
Dimensions	1650×992×40 mm (65.0×39.1×1.57 in)
Weight	18.2 kg (40.1 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm ² (IEC) or 4 mm ² & 12 AWG 1000 V (UL), 1000 mm (39.4 in)
Connectors	T4 (IEC / UL)
Per Pallet	26 pieces, 520 kg (1146.4 lbs)
Per Container (40' HQ)	728 pieces

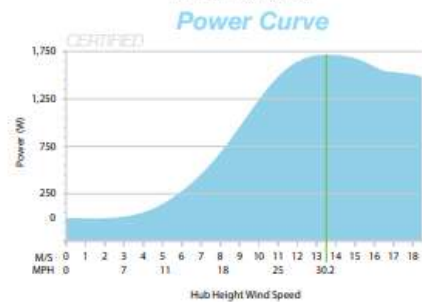
ELECTRICAL DATA / NOCT*

Electrical Data CS6K	270M	275M	280M
Nominal Max. Power (Pmax)	195 W	199 W	202 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	28.4 V	28.5 V	28.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.87 A	6.95 A	7.04 A
Open Circuit Voltage (Voc)	35.0 V	35.1 V	35.3 V
Short Circuit Current (Isc)	7.44 A	7.54 A	7.63 A

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

Anexo 2: Datasheet de la Turbina Eólica de modelo T701.



T701 Specification

Rotor Diameter	3.0 m (9.8 ft)
Swept Area	7.1 sq m (76 sq ft)
Peak Output	1.7kW @ 13 m/s
Rated Output	1.5kW @ 11m/s
Survival Wind Speed	66 m/s (148 mph)
REbus Input Voltage	+/-190VDC
Monthly Output	202 kWh @ 5m/s
Type	Horizontal axis, upwind rotor, free yaw
Direction of rotation	CCW (looking downwind)
Blades	Glass reinforced polymer
Alternator	Brushless permanent magnet
Output	REbus™ nanogrid (regulated 380VDC + data)
Speed control	Stall regulation + one-shot centripetal overspeed brake
Tower-top Weight	42 kg (93 lbs)
Shipping Dimensions	30" L x 17" W x 18" H (turbine) + 62" L x 18" W x 14" H (blades)
Remote monitoring	Via REview™ internet dashboard
Limited warranty	5 years
Certification	AWEA 9.1 2009 Standard (Eligible for 30% Federal Tax Credit)

Anexo 3: Datasheet de la Batería modelo SM12V180Ah



GENERAL FEATURES

- **GEL Technology** - DG batteries comes from the internationally superior Gel technology. It is ideal for standby or frequent cyclic discharge applications under extreme environments.
- **Long Life Time** - By using strong grids, high purity lead and patented Gel electrolyte, the DGseries offers excellent recovery after deep discharge under frequent cyclidischarge use, and can deliver 400 cycles at 100% DOD.
- **Maintenance-Free, Non-Spillable** - Proven VRLA technology guarantees safe operation without maintenance and 'non- restricted article' status for transportation.
- **Excellent Recovery from Deep Cycle** - Unique technical processes are used into the grid alloy and electrolyte additive, in this case the battery can be recharged after being over-discharged.
- **Designed-In Reliability** - Cutting-edge manufacturing and process control combined with meticulous quality assurance procedures guarantee consistent and dependable performance

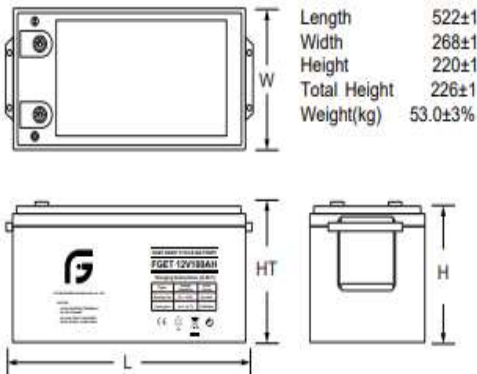
PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Nominal Voltage	12V(6 cells)	
Design Floating Life @25°C	12 Years	
Nominal Capacity @25°C	20 hour rate 9.00A to 10.50V	180.00Ah
	10 hour rate 15.80A to 10.50V	158.00Ah
	5 hour rate 27.60A to 10.20V	138.00Ah
	3 hour rate 41.50A to 9.90V	124.50Ah
	1 hour rate 100.60A to 9.60V	100.60Ah
	Internal Resistance Full Charged Battery@25°C	<5.5mΩ
Energy Density (20-hr. rate)	89.56W-h/l	
Specific Energy (20-hr. rate)	40.75W-h/kg	
Shelf Life (nominal capacity at 20°C)	1 Month	97%
	3 Months	91%
	6 Months	83%
Max.Discharge Current@25°C	7 Min.	539.28A
Max Short-Duration Discharge Current	10 Sec	1219.8A
Standby Use Charge (Constant Voltage) @25°C	Initial Charging Current Less than 54.0A Voltage 13.6-13.8V	
	Cycle Use Charge (Constant Voltage) @25°C Initial Charging Current Less than 54.0A Voltage 14.2-14.4 V	
Operating Temperature Range	Charge	-20°C to 50°C
	Discharge	-40°C to 60°C

GENERAL FEATURES

mm

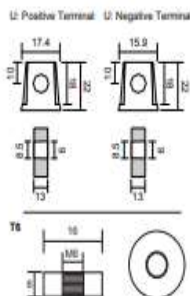
Unit: mm

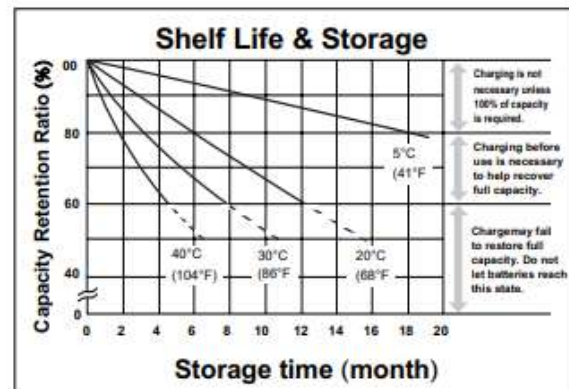
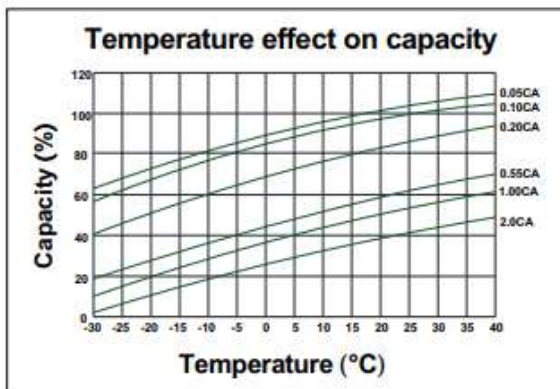
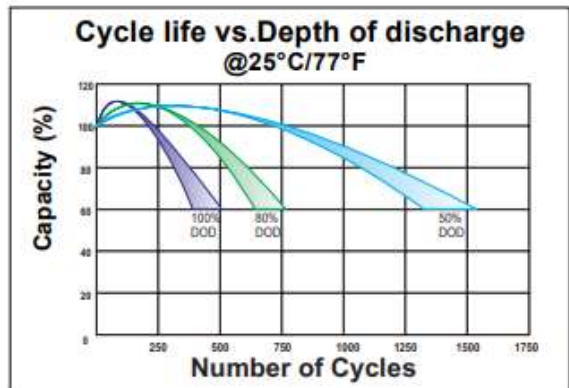
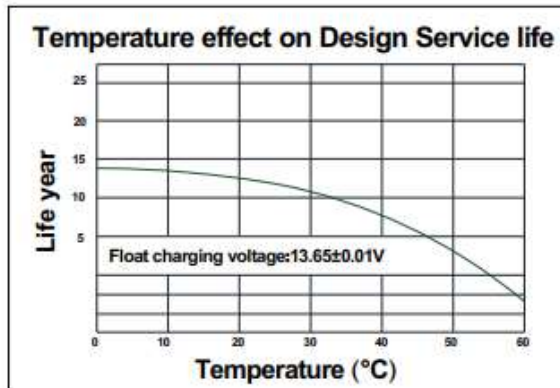
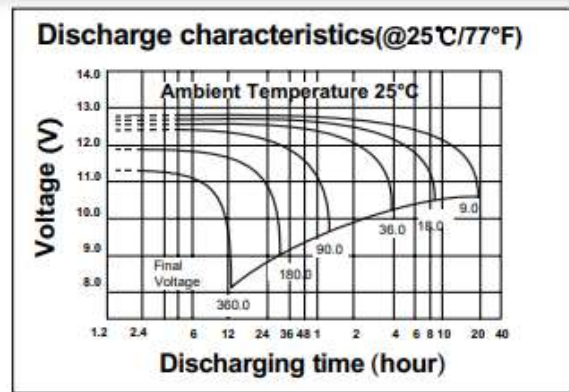
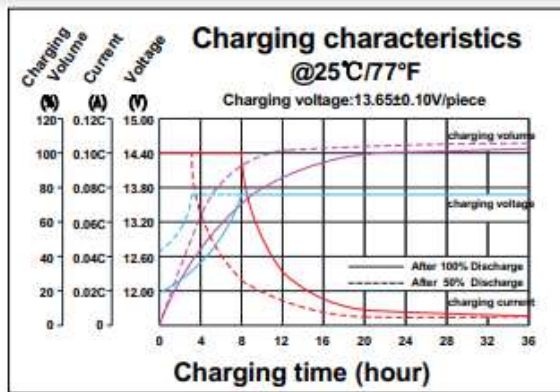


TERMINALS

mm

- U: Universal terminals: Heavy-duty posts with 'nut & bolt' fasteners
- T6: Threaded insert w. 6 mm stud fastener

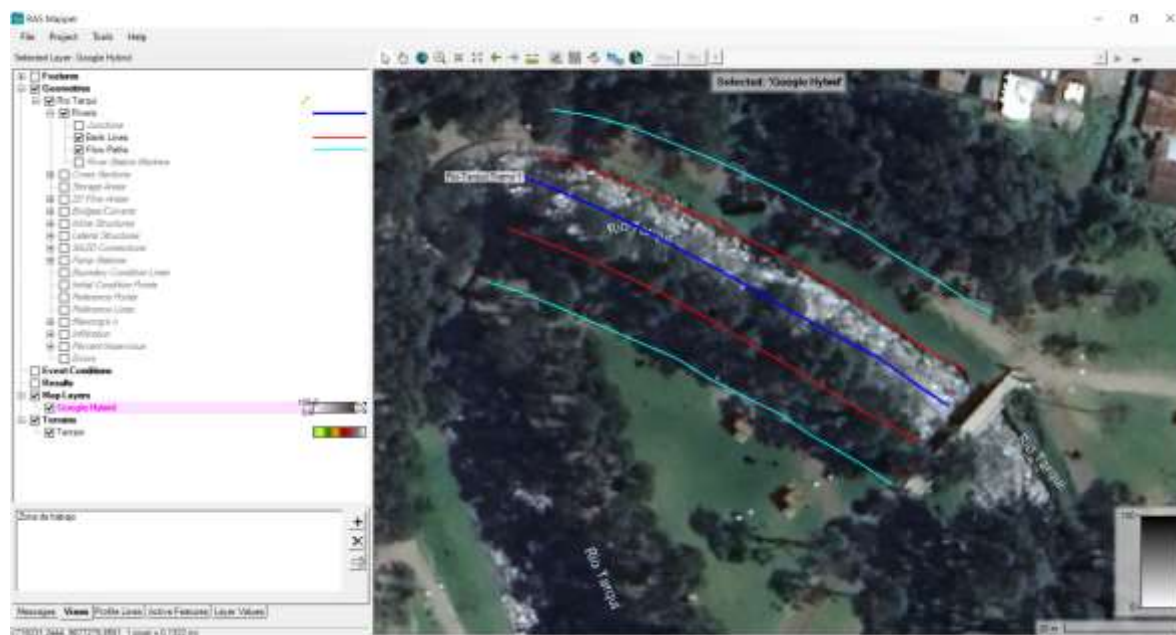




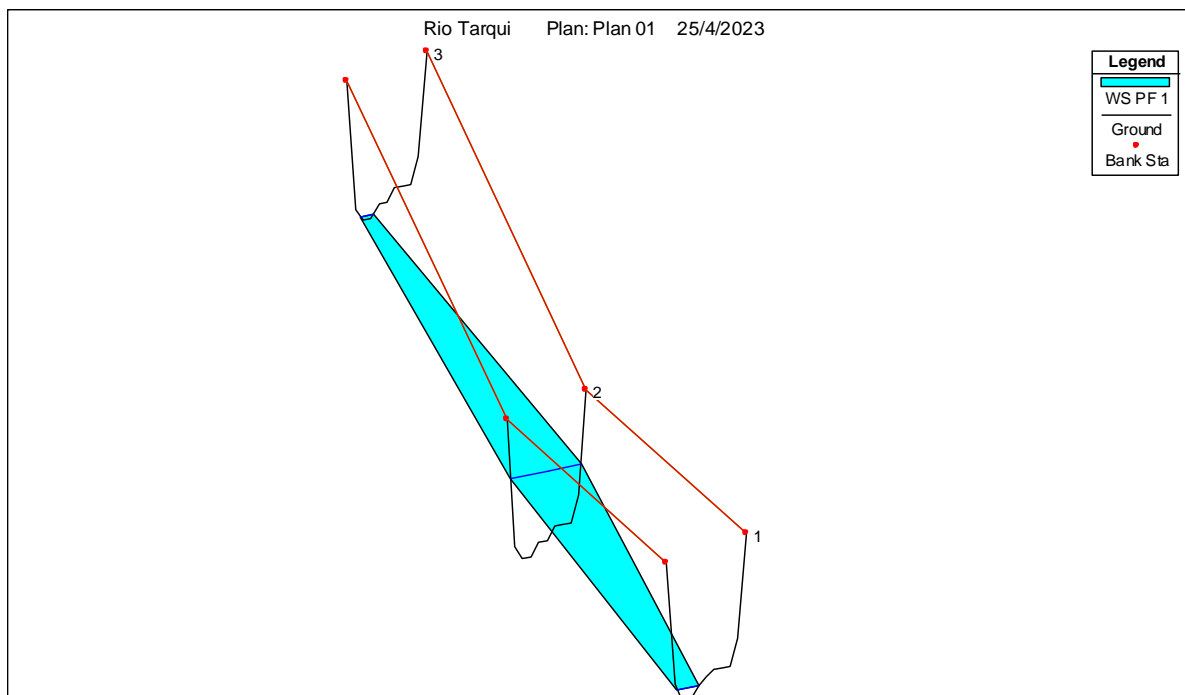
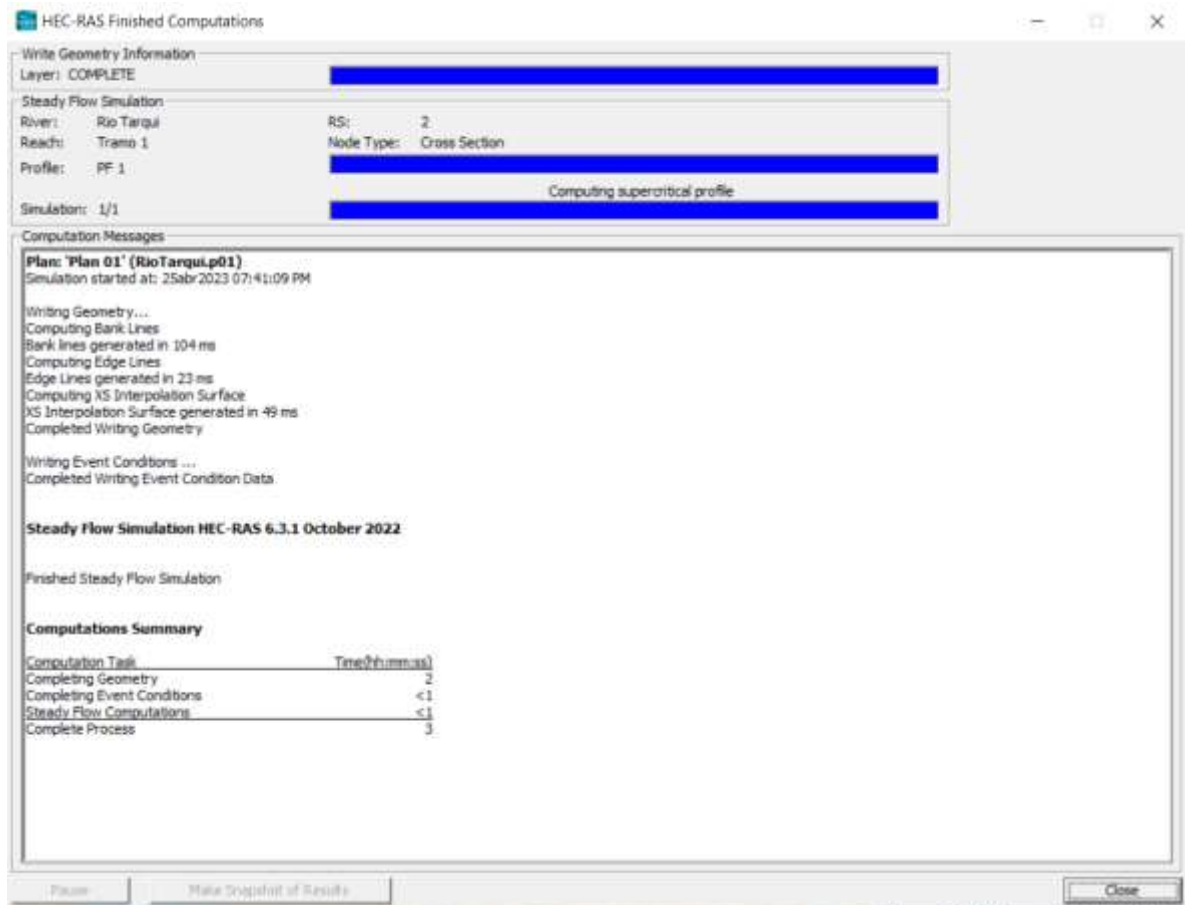
CONSTANT CURRENT DISCHARGE RATINGS (Amperes at 25°C)

F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	306.8	246.3	165.0	100.6	60.2	41.6	34.1	27.9	19.2	16.3	9.90
10.0V	291.9	241.2	163.6	100.2	59.8	41.5	33.9	27.8	19.1	16.1	9.54
10.2V	281.6	237.4	162.6	99.2	59.3	41.1	33.8	27.6	18.9	15.9	9.27
10.5V	263.0	228.7	160.1	98.3	58.8	41.0	33.5	27.3	18.8	15.8	9.00
10.8V	242.6	213.3	154.5	96.0	57.8	39.9	32.7	26.8	18.4	15.6	8.46
11.1V	219.3	193.5	146.1	91.2	55.2	38.1	31.1	25.6	17.7	15.2	8.10

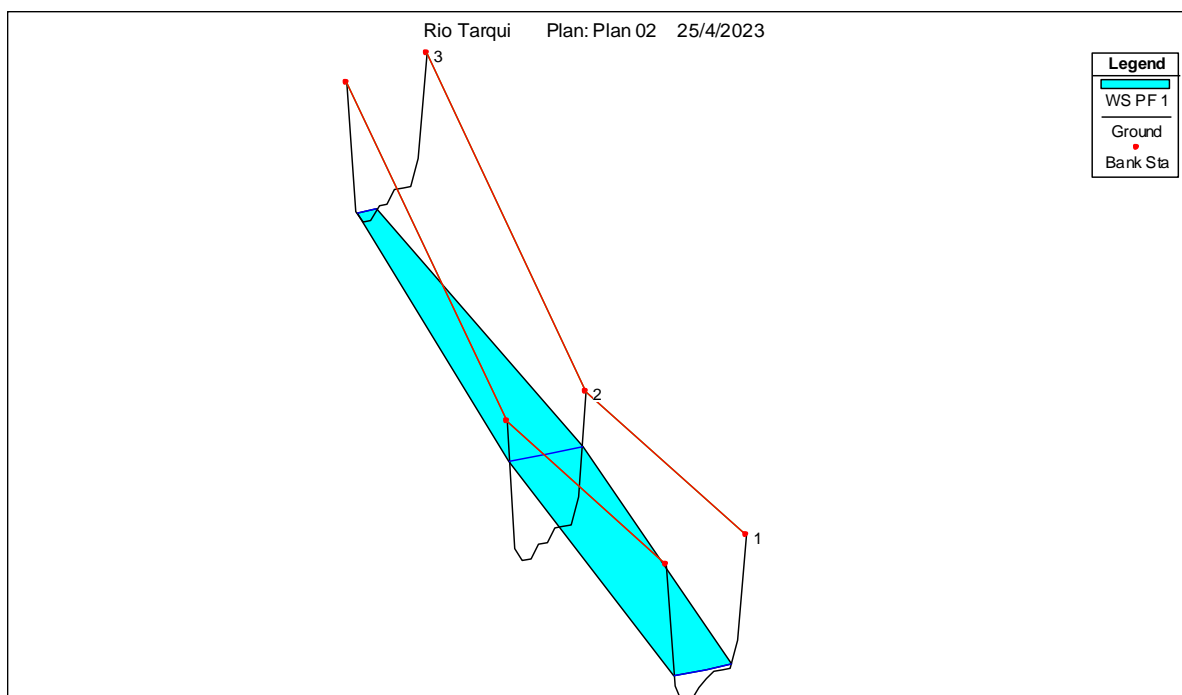
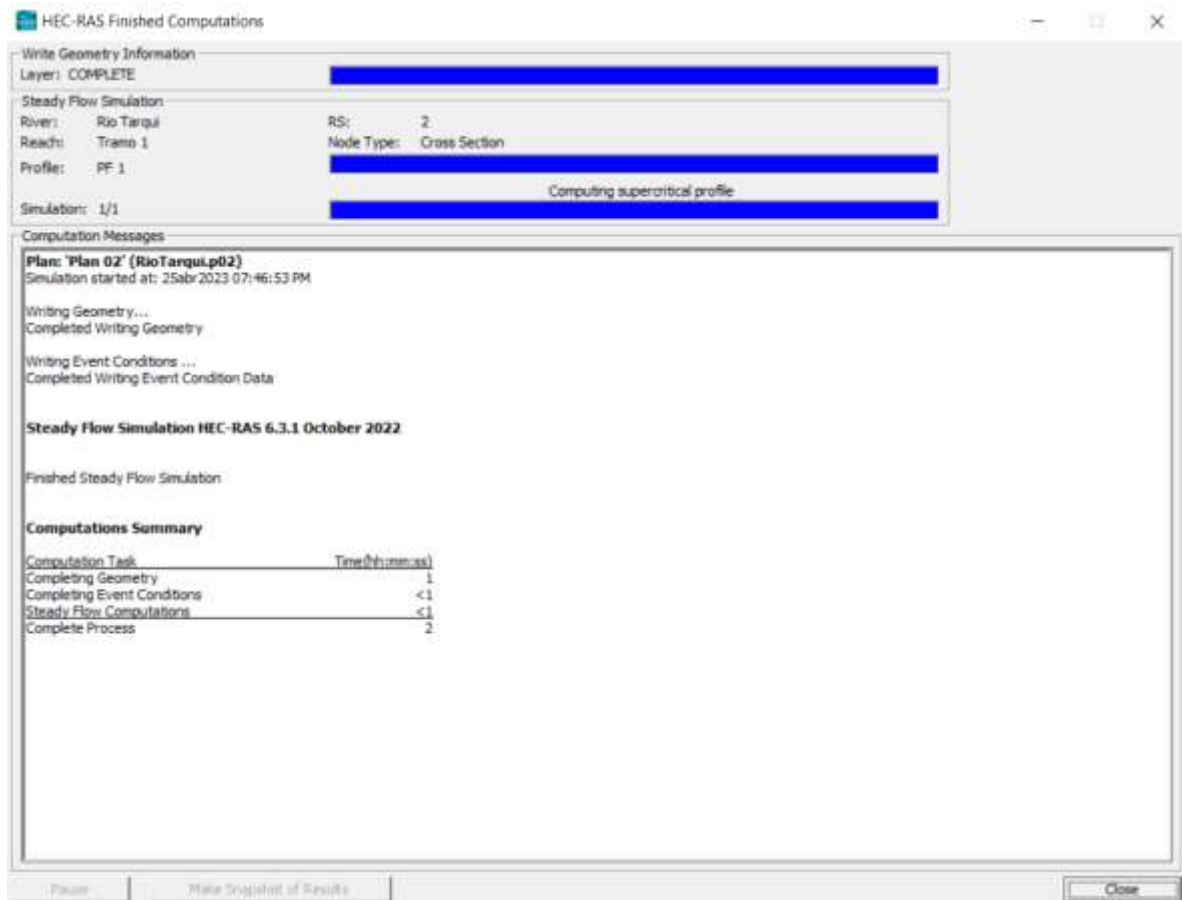
Anexo 4: Ubicación y trazado del tramo de estudio del Río Tarqui con HEC-RAS.



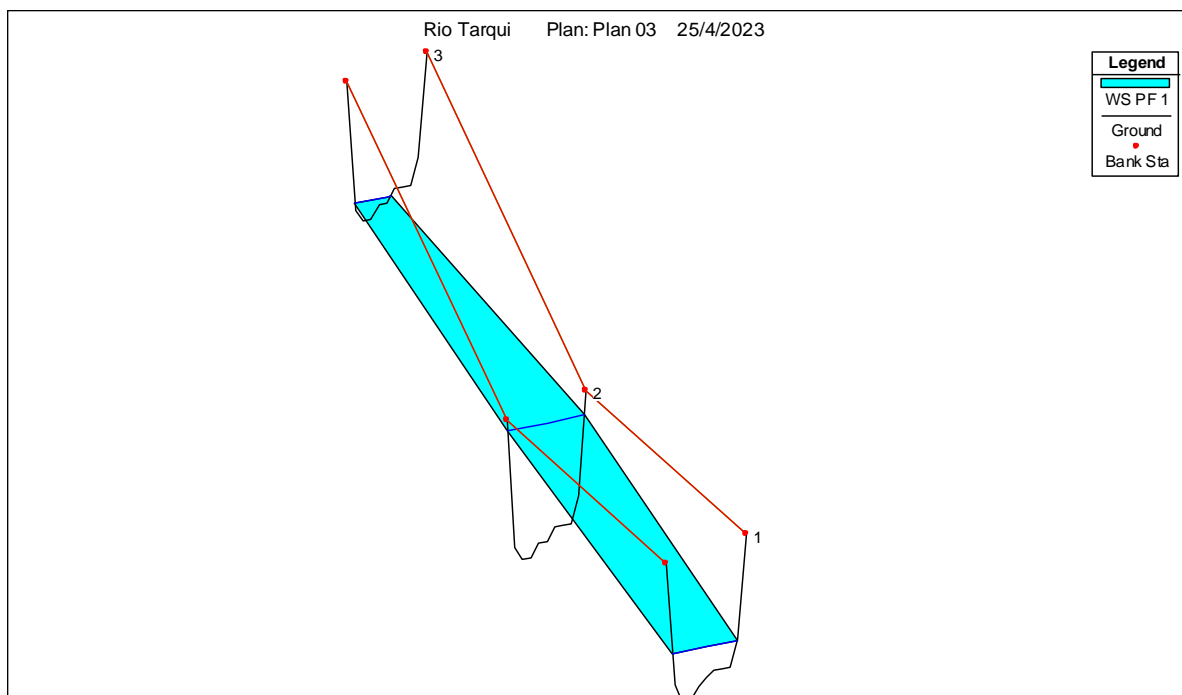
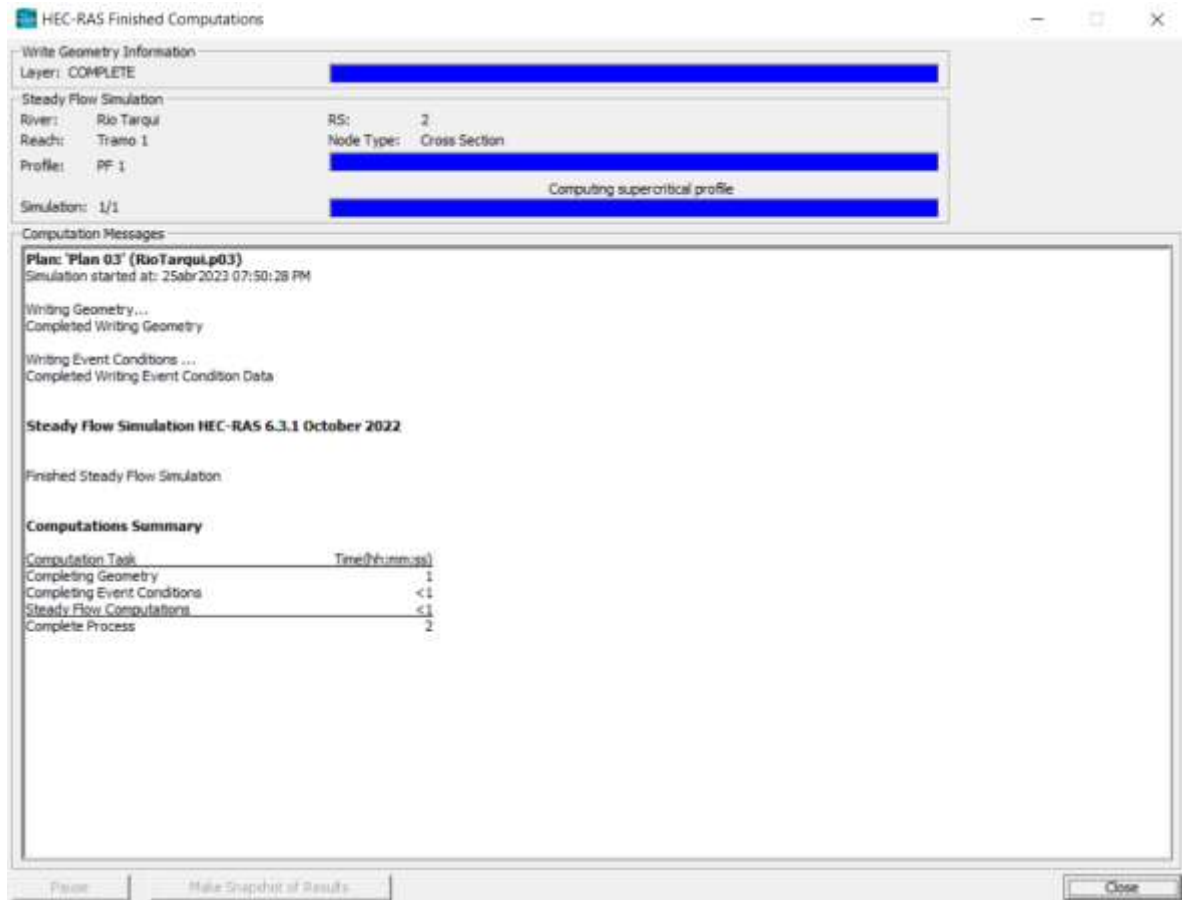
Anexo 5: Compilación y Simulación del Río Tarqui ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



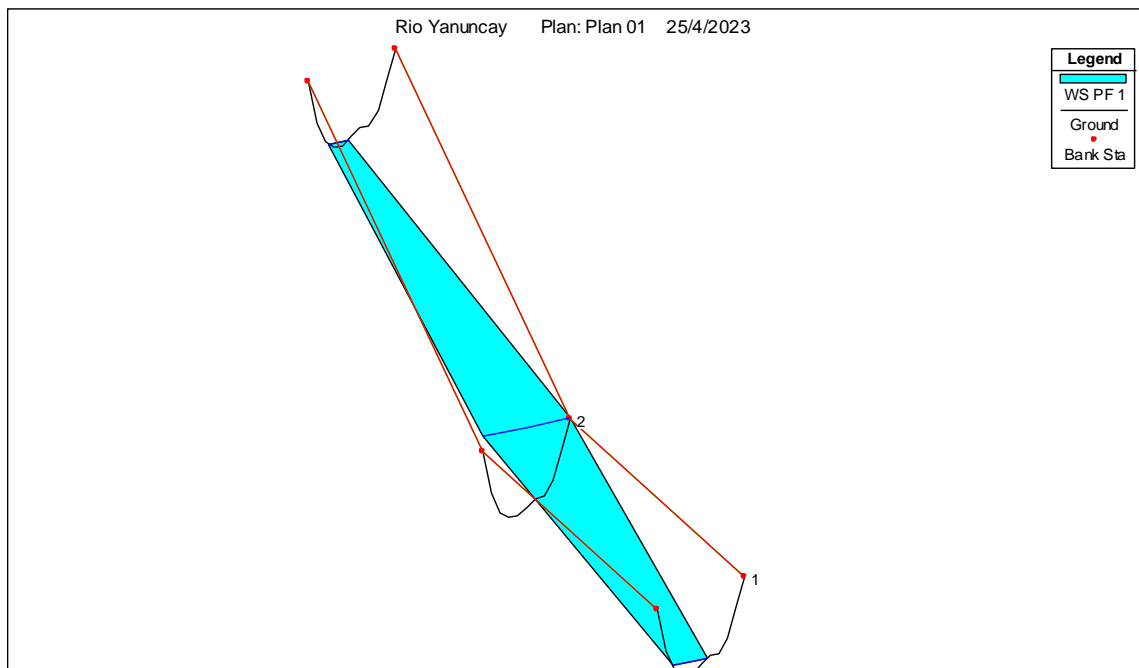
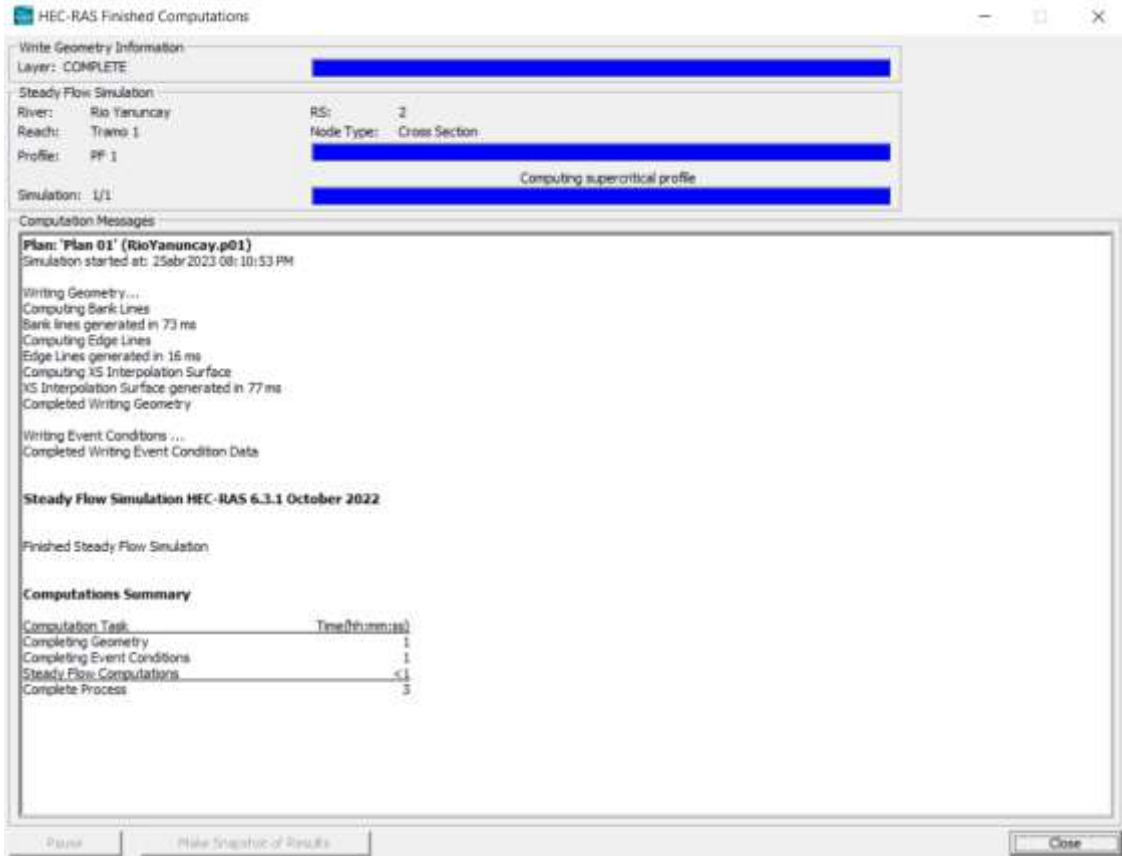
Anexo 6: Compilación y Simulación del Río Tarqui (50 m³/s) con HEC-RAS.



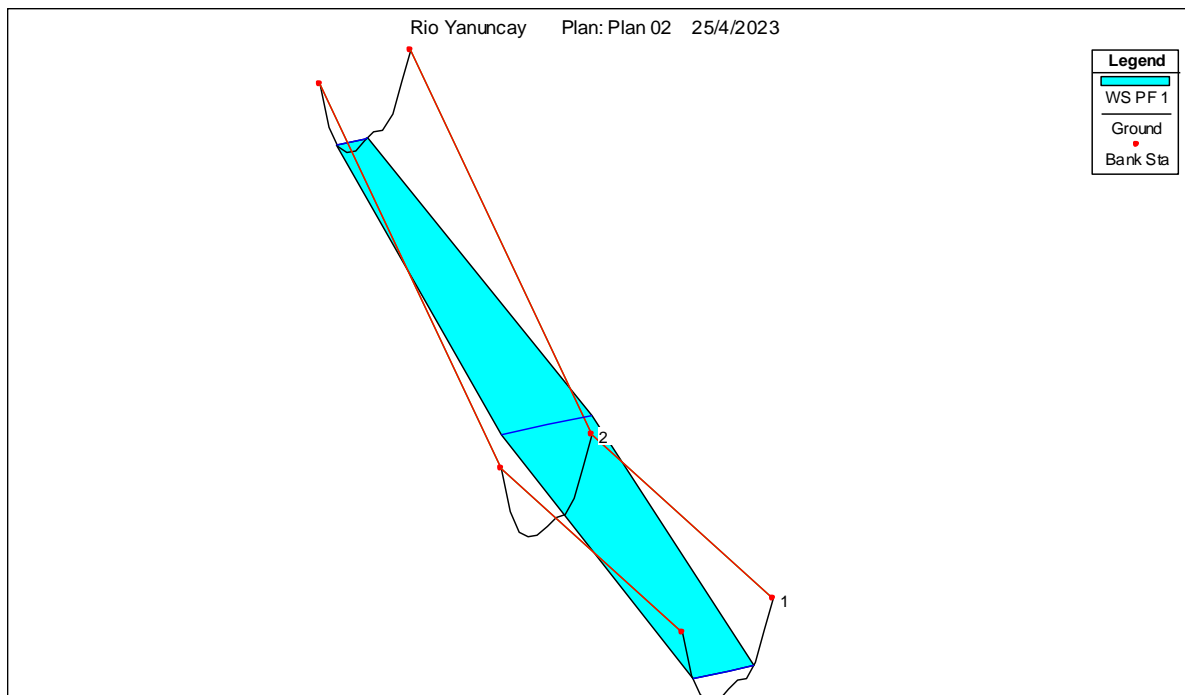
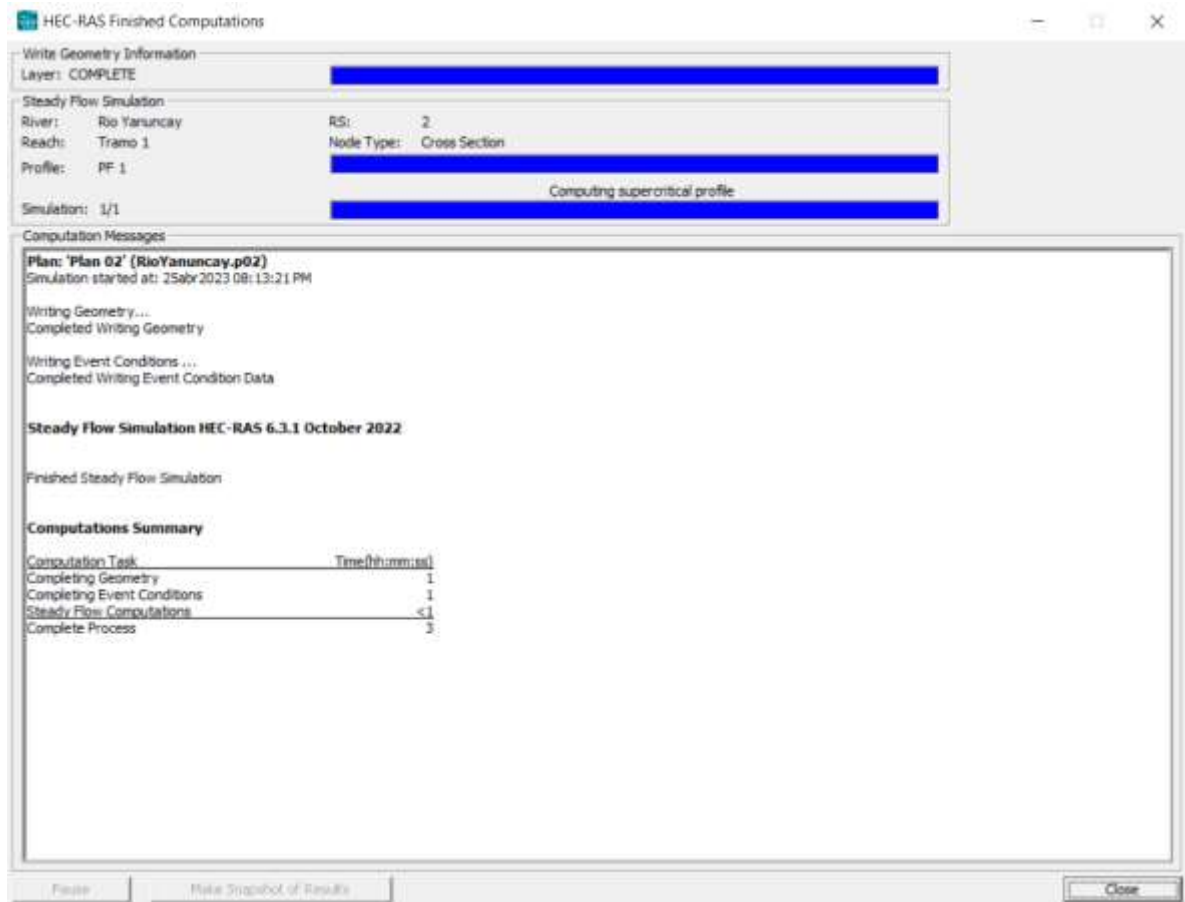
Anexo 7: Compilación y Simulación del Río Tarqui ($100 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



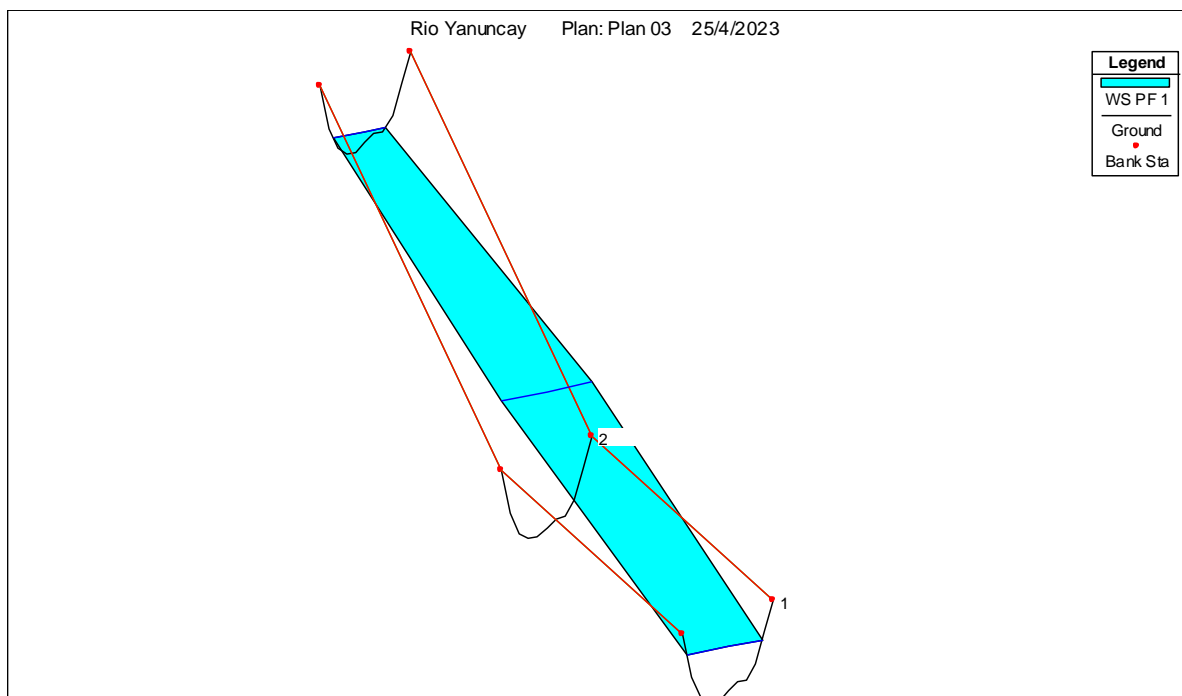
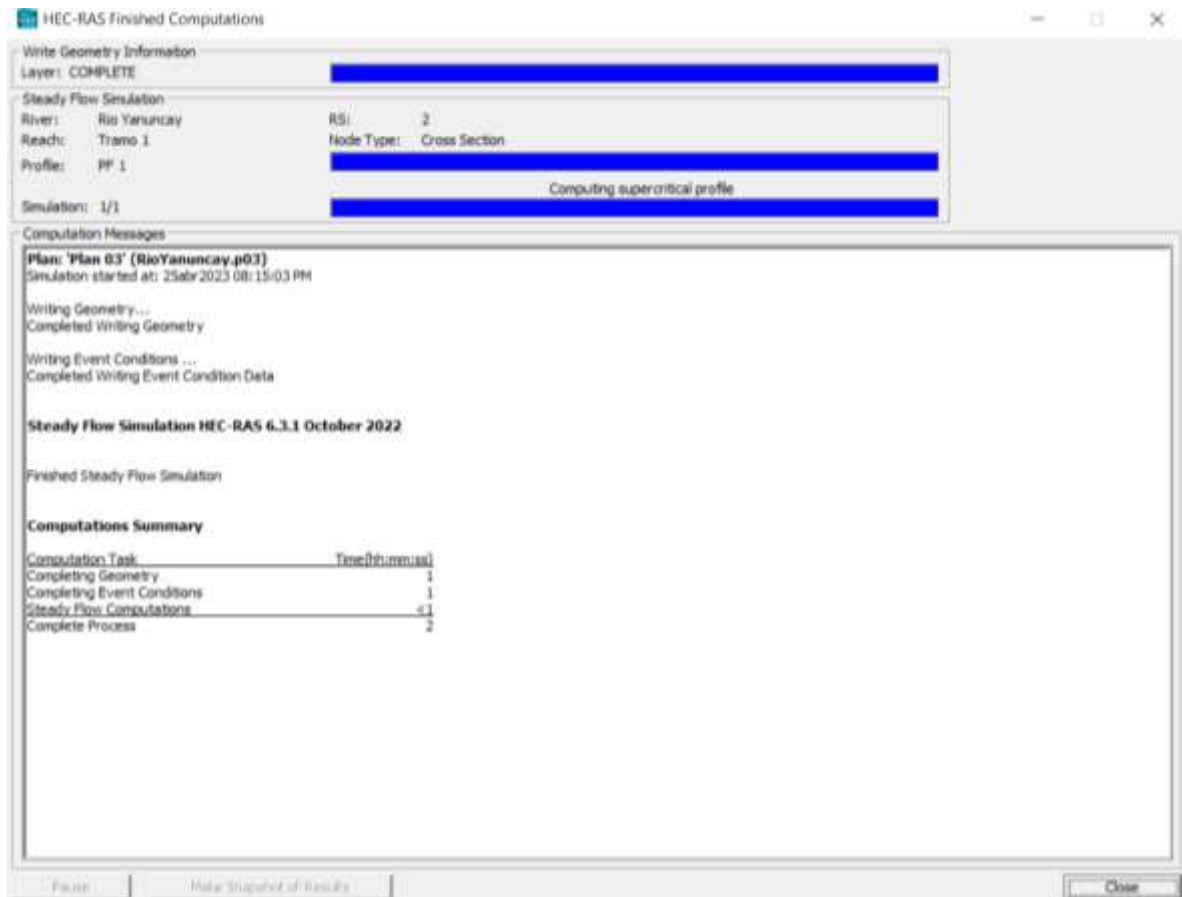
Anexo 9: Compilación y Simulación del Río Yanuncay ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



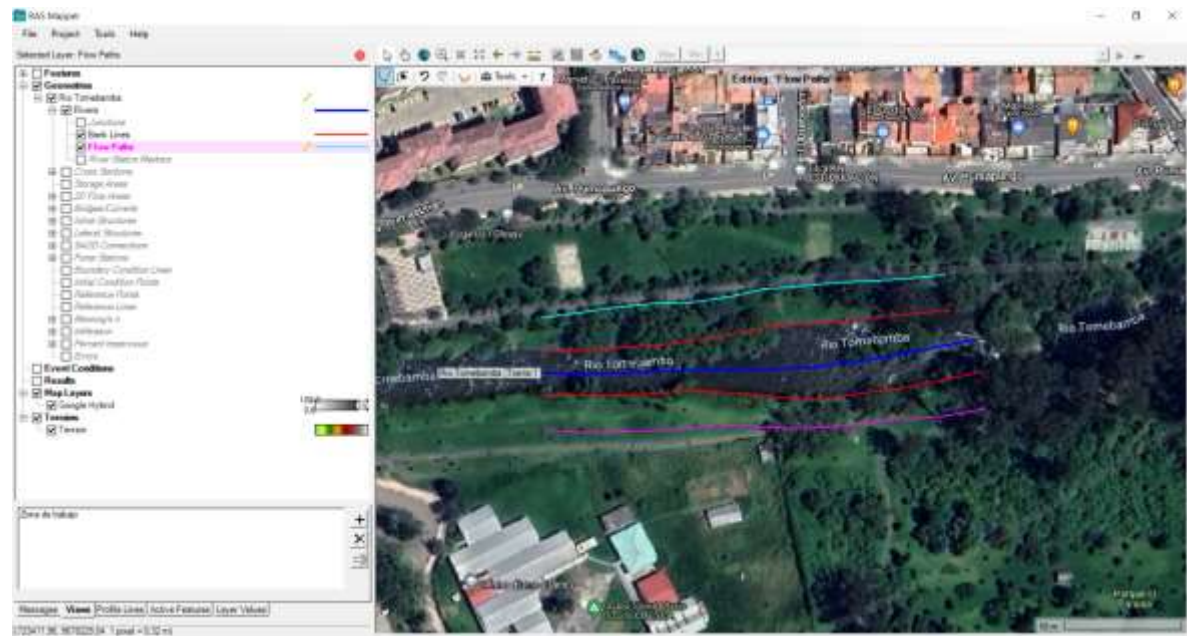
Anexo 10: Compilación y Simulación del Río Yanuncay ($50 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



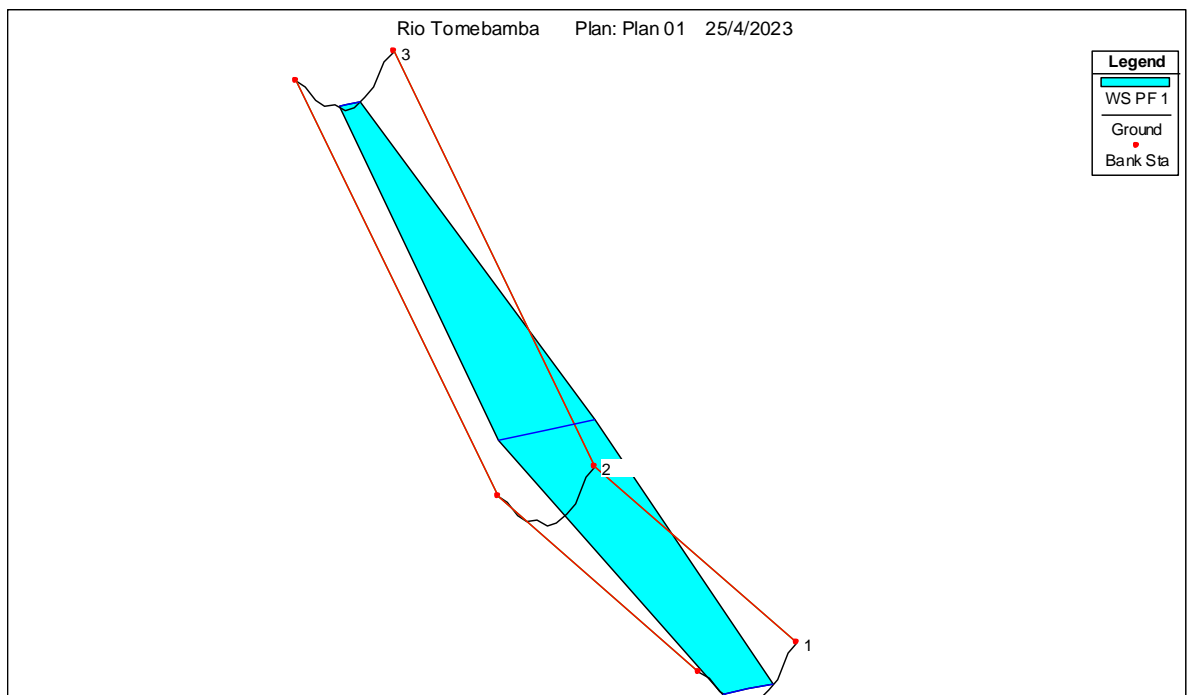
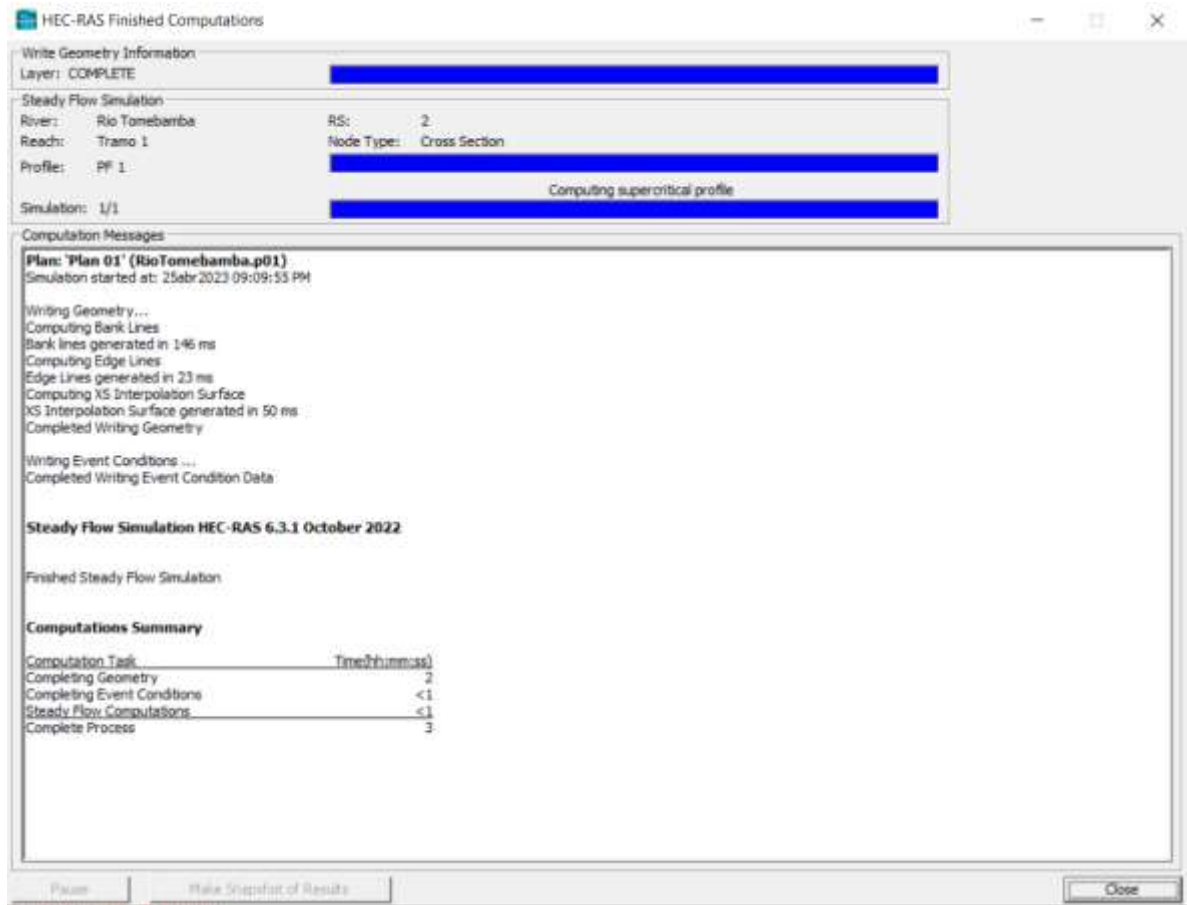
Anexo 11: Compilación y Simulación del Río Yanuncay ($100 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



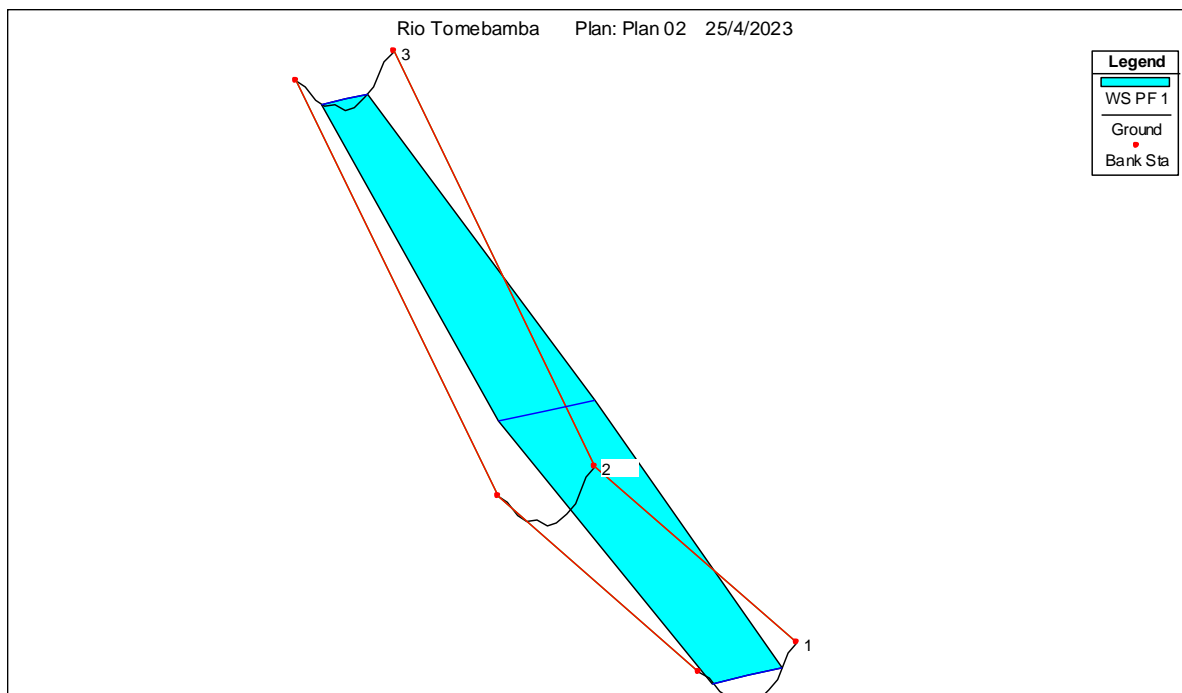
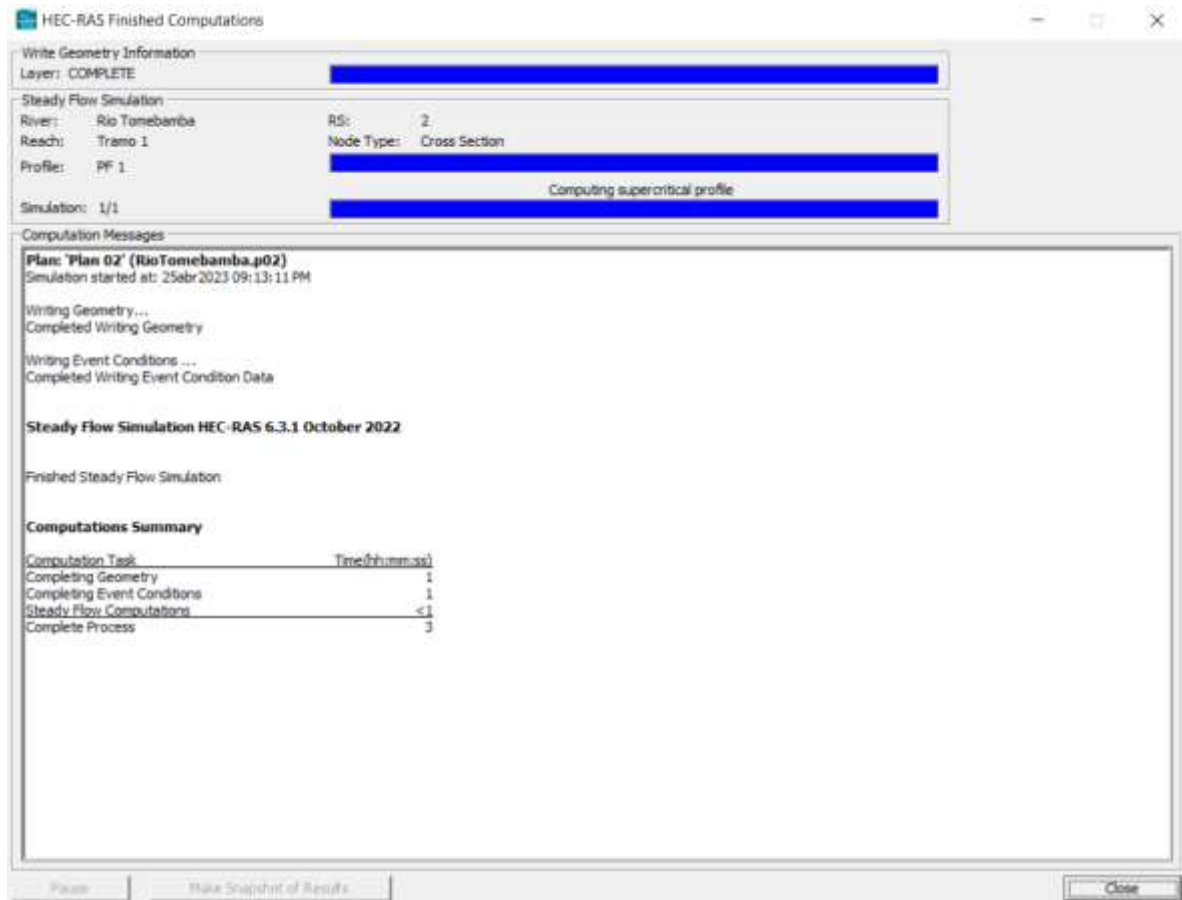
Anexo 12: Ubicación y trazado del tramo de estudio del Río Tomebamba con HEC-RAS.



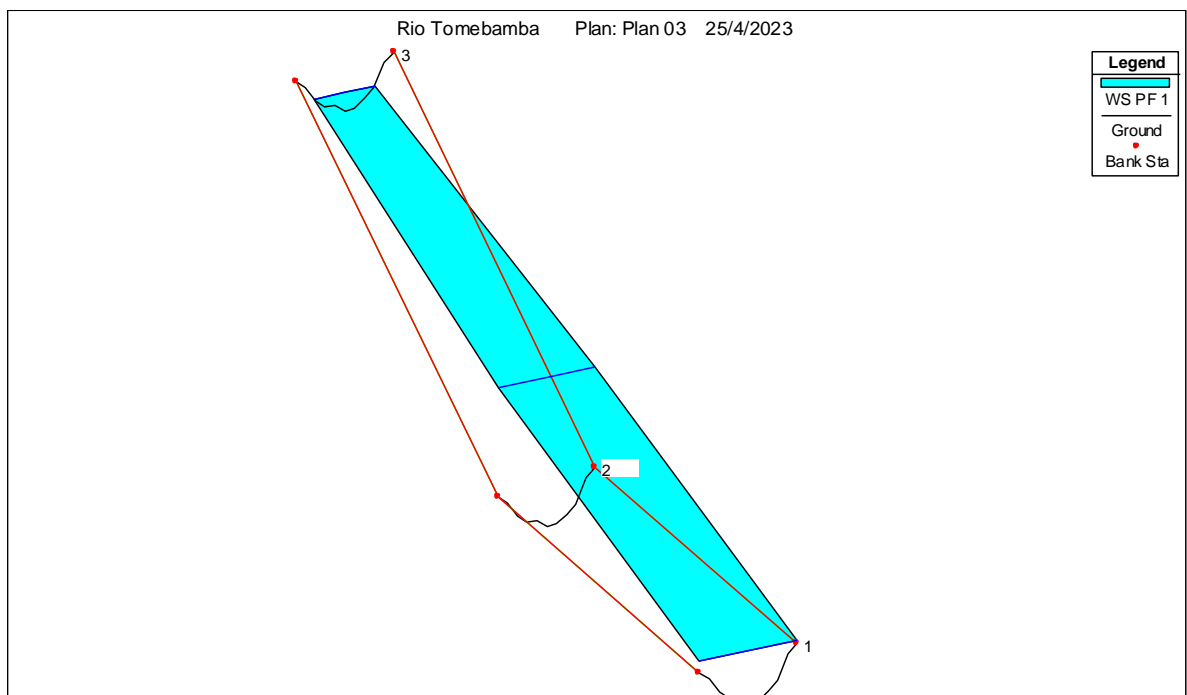
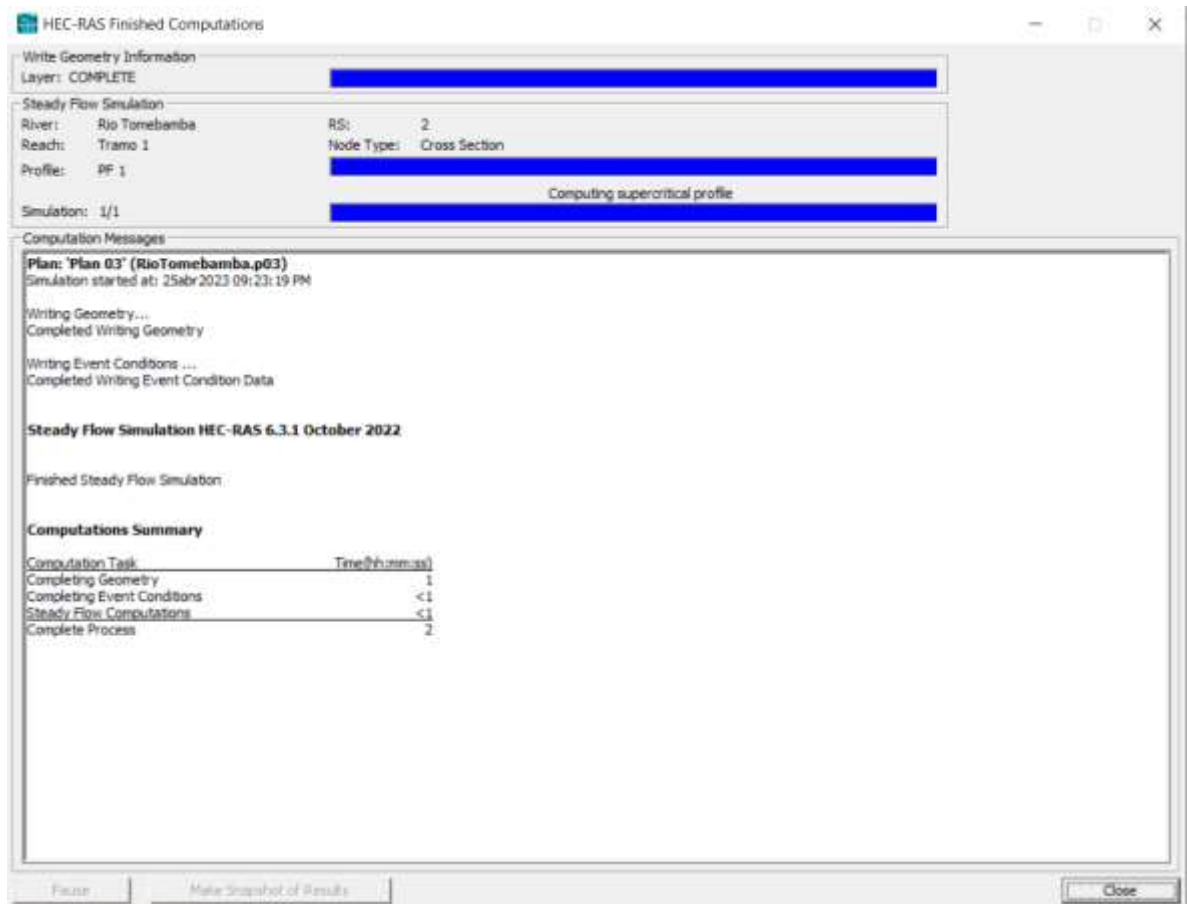
Anexo 13: Compilación y Simulación del Río Tomebamba ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



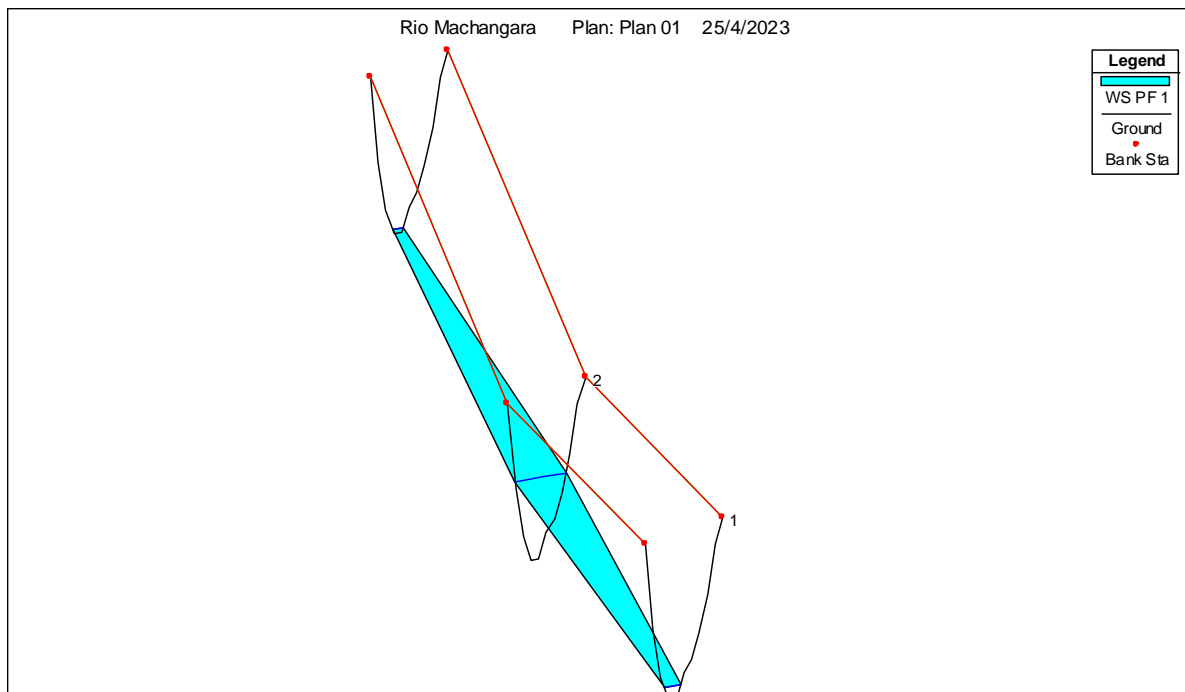
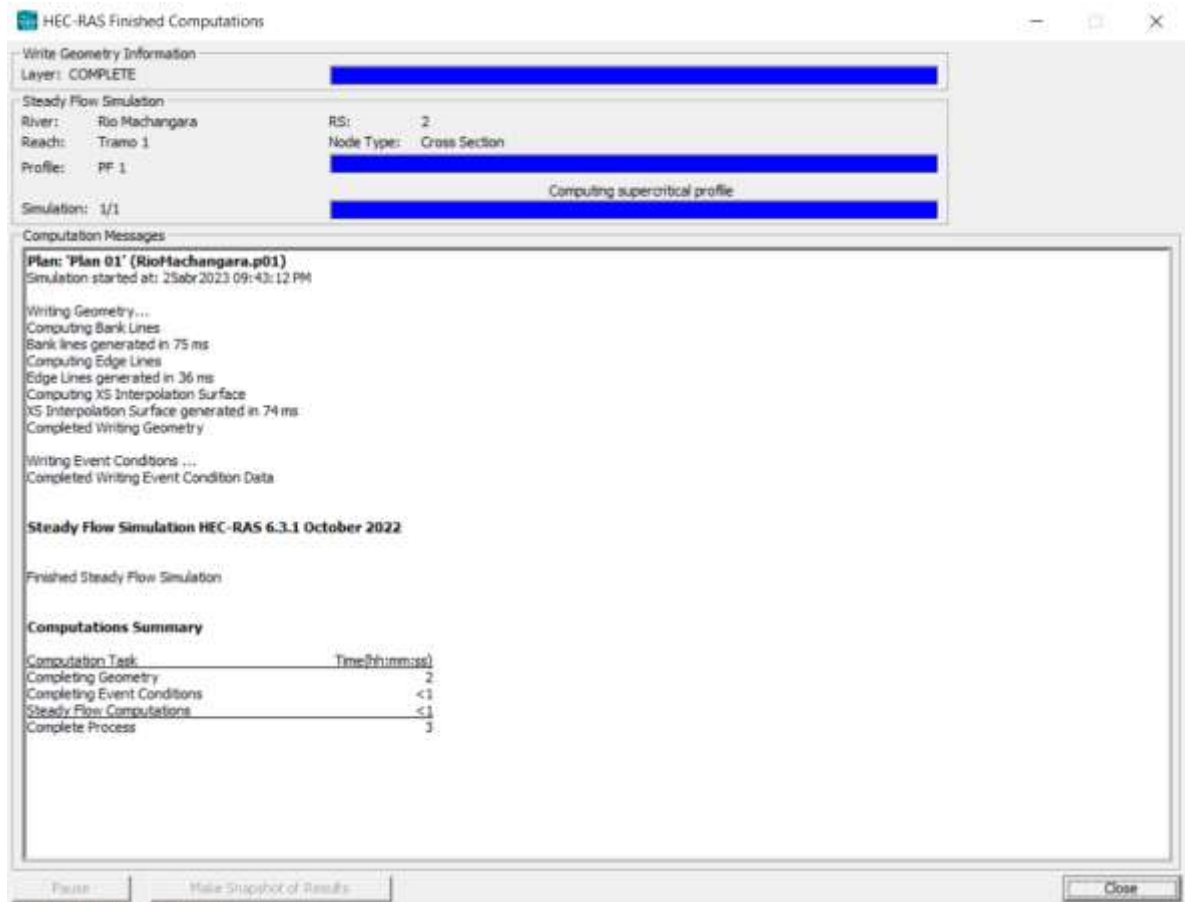
Anexo 14: Compilación y Simulación del Río Tomebamba ($50 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



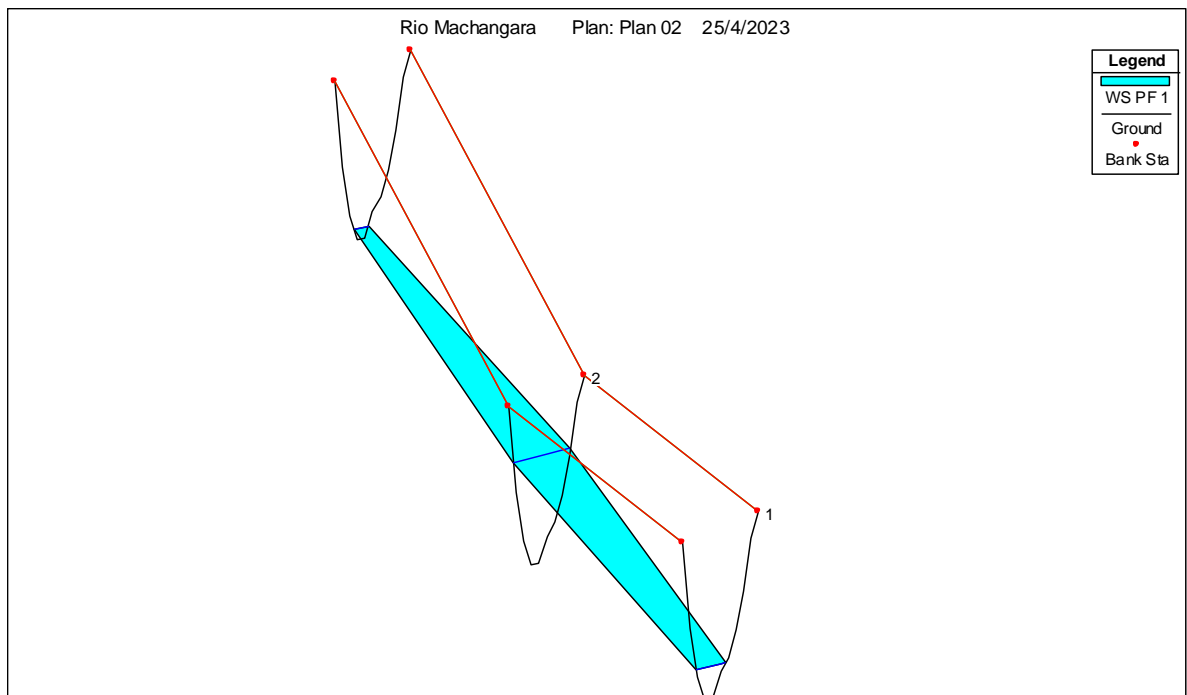
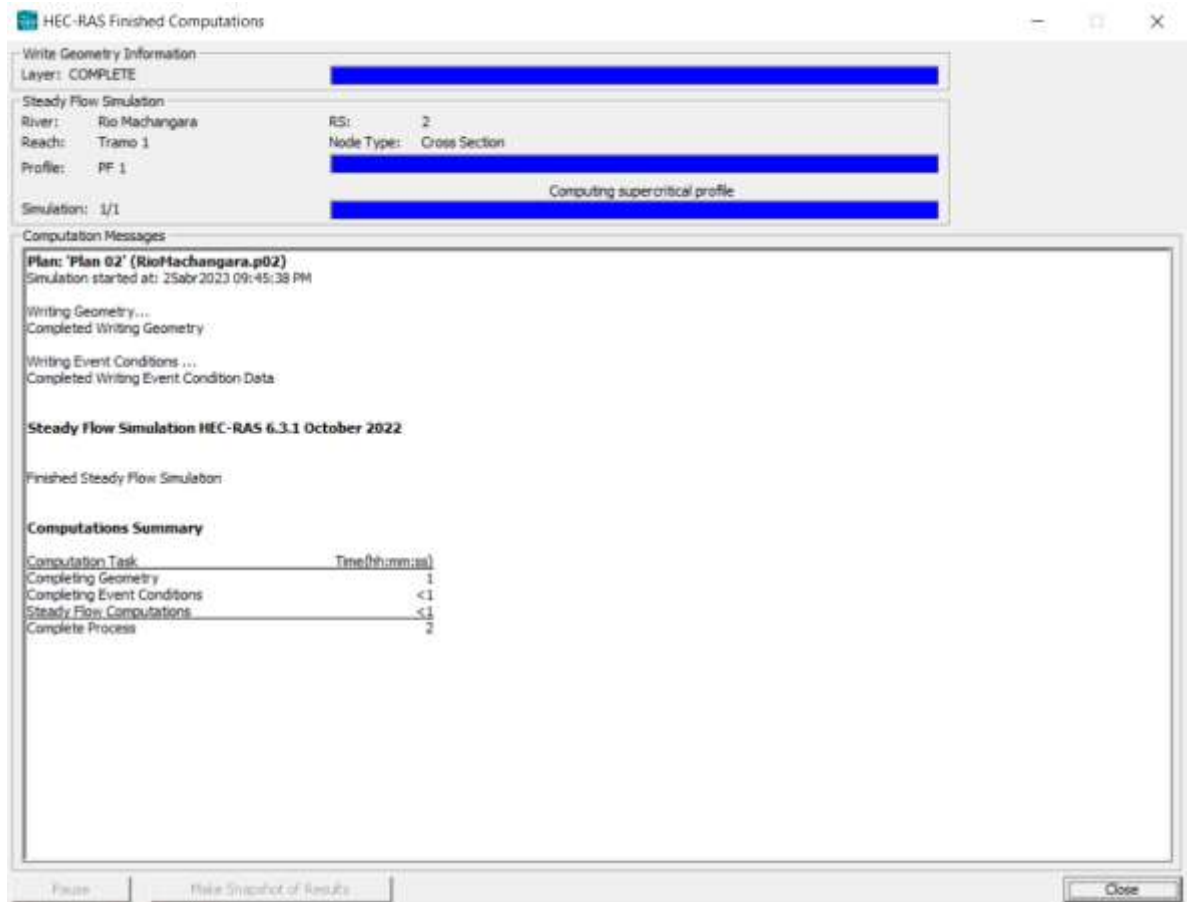
Anexo 15: Compilación y Simulación del Río Tomebamba ($100 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



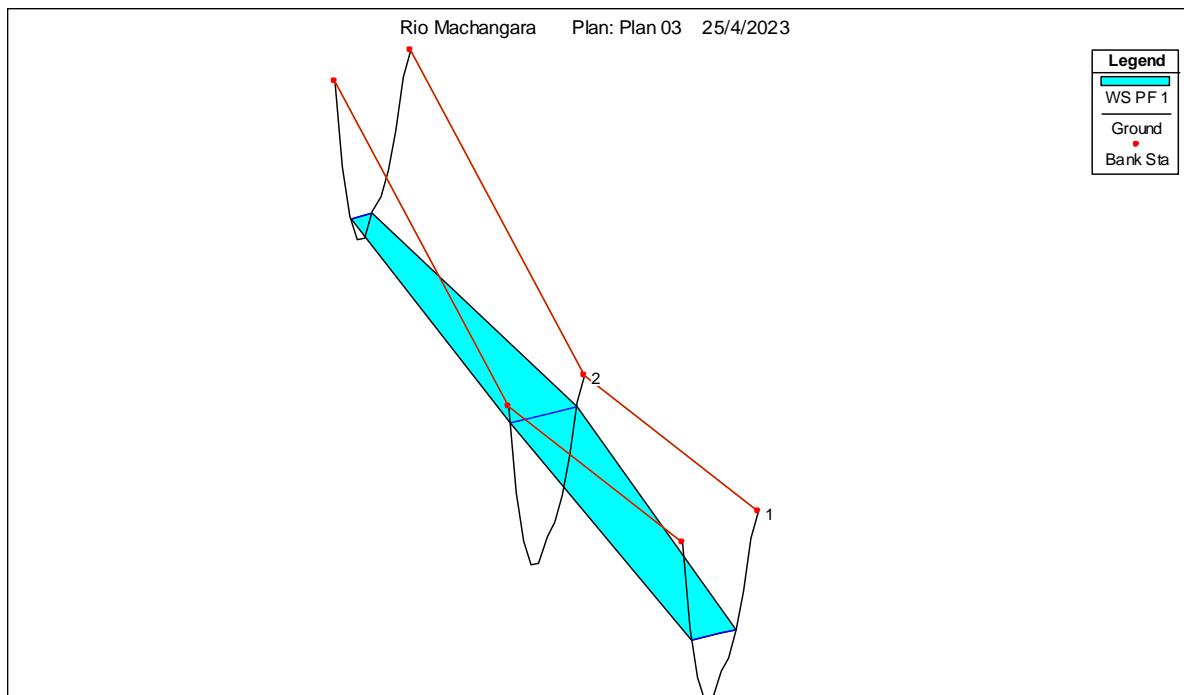
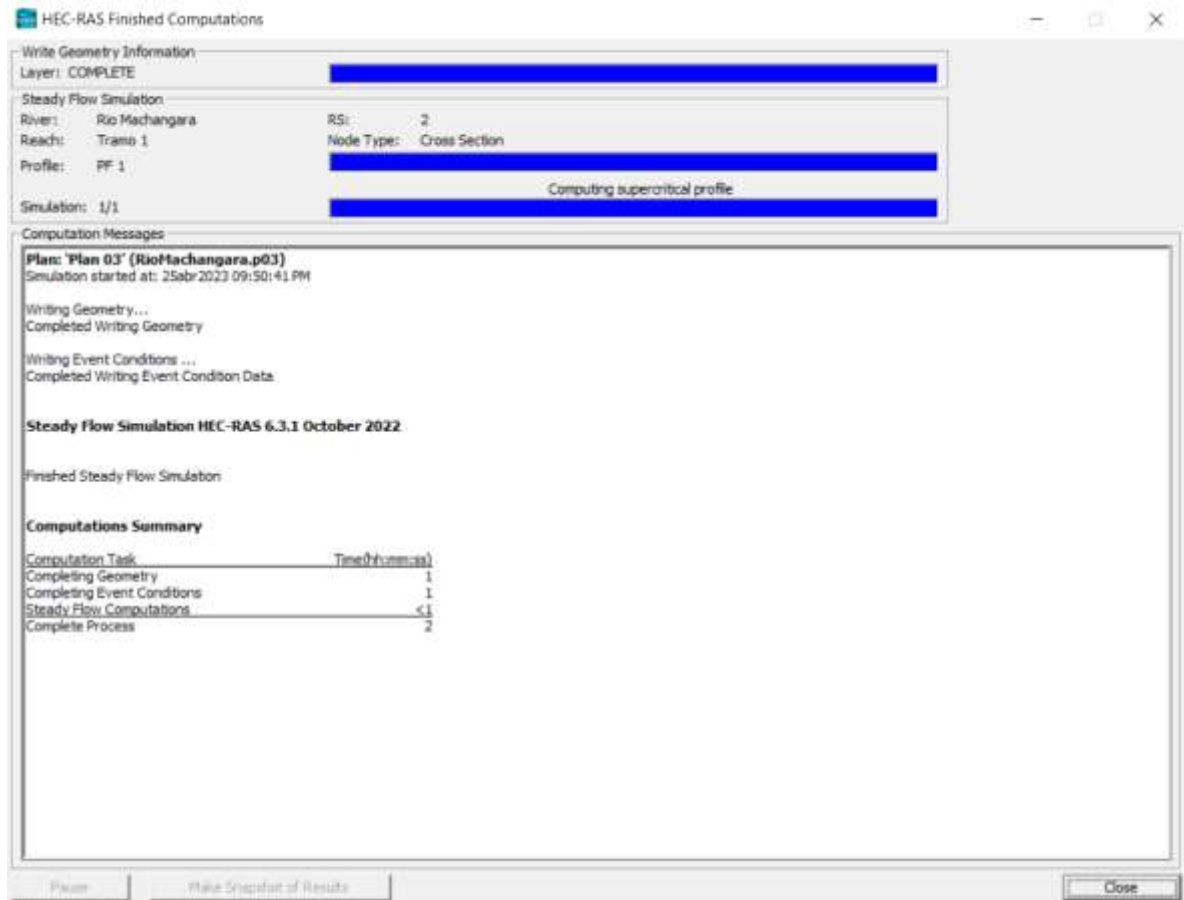
Anexo 17: Compilación y Simulación del Río Machángara ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



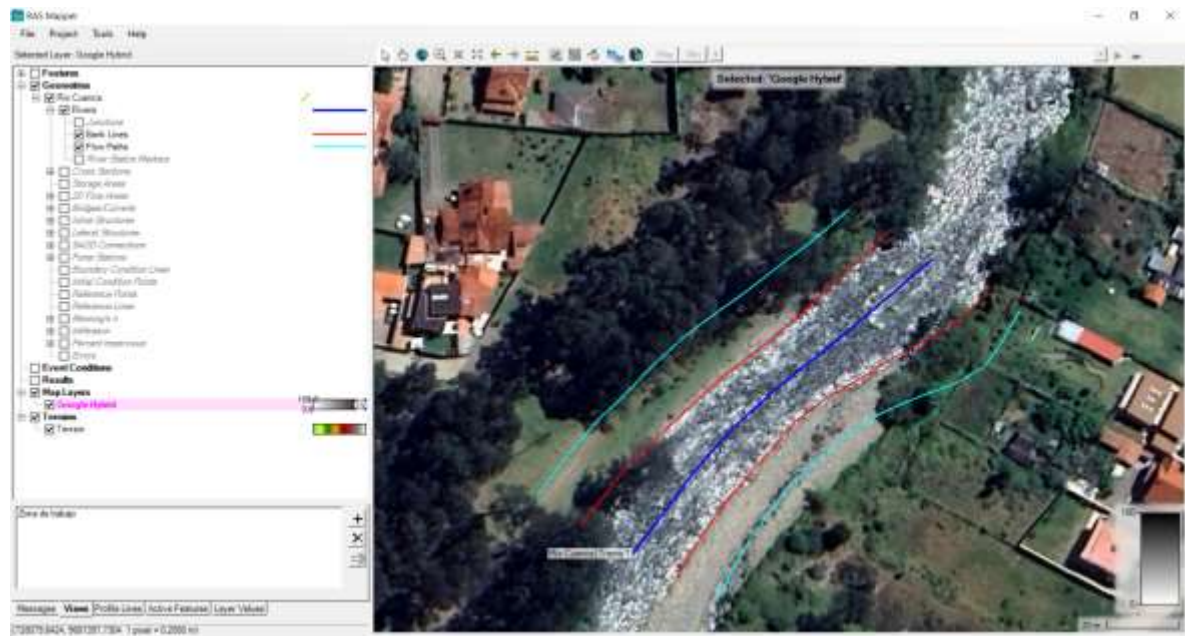
Anexo 18: Compilación y Simulación del Río Machángara ($50 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



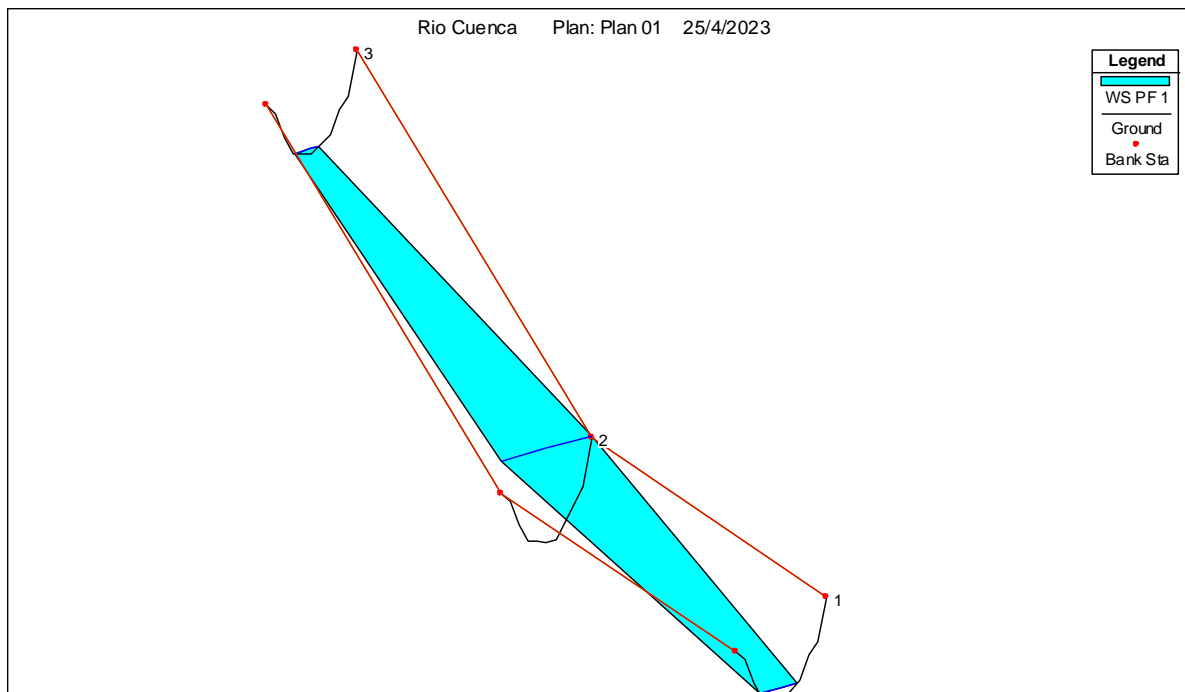
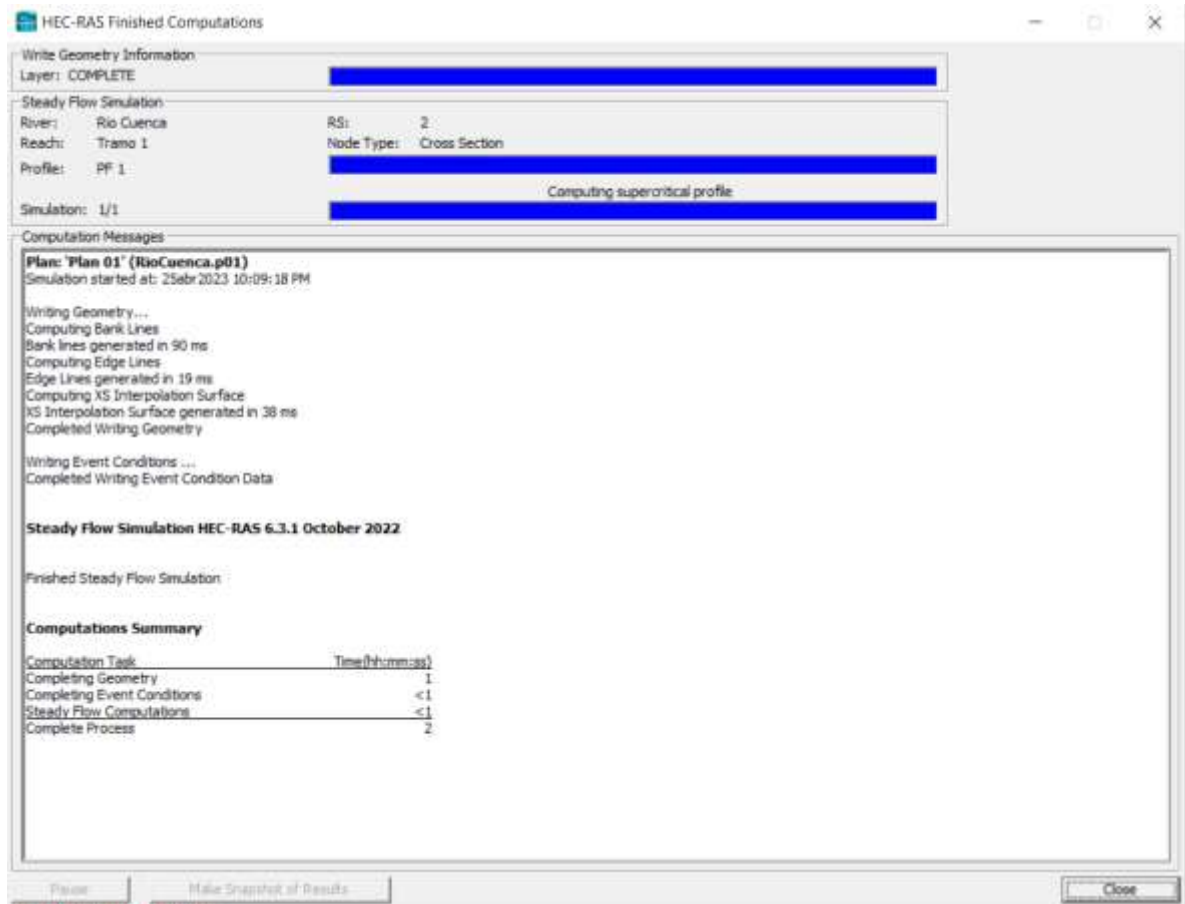
Anexo 19: Compilación y Simulación del Río Machángara ($100 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



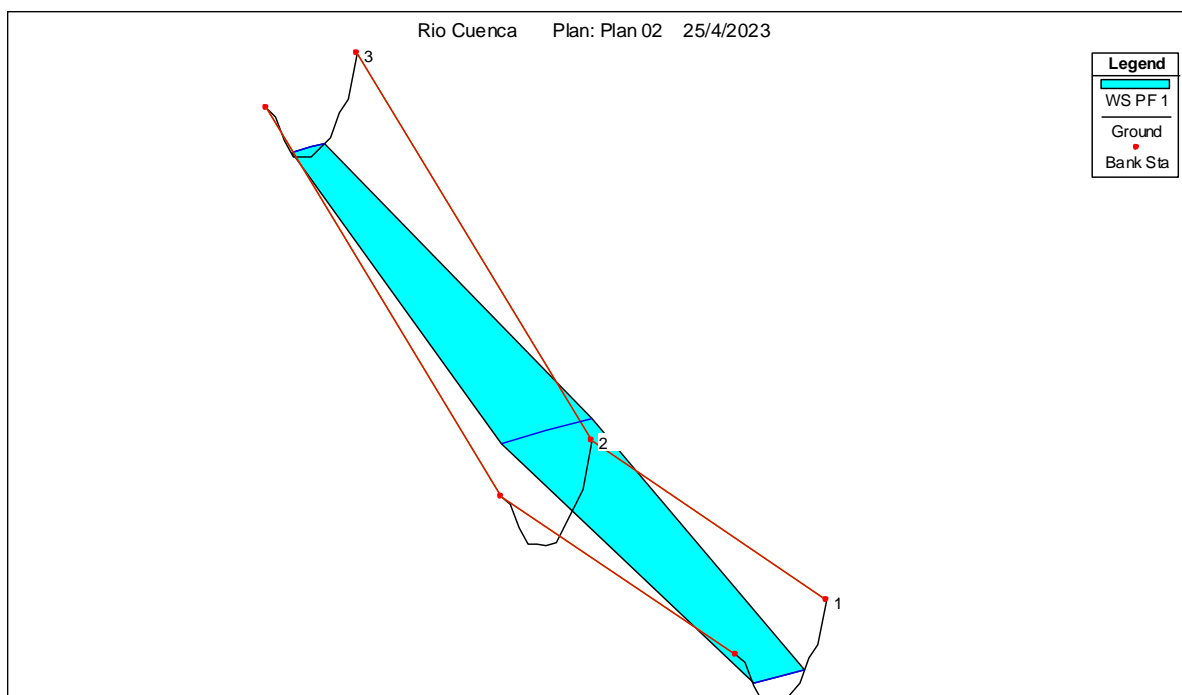
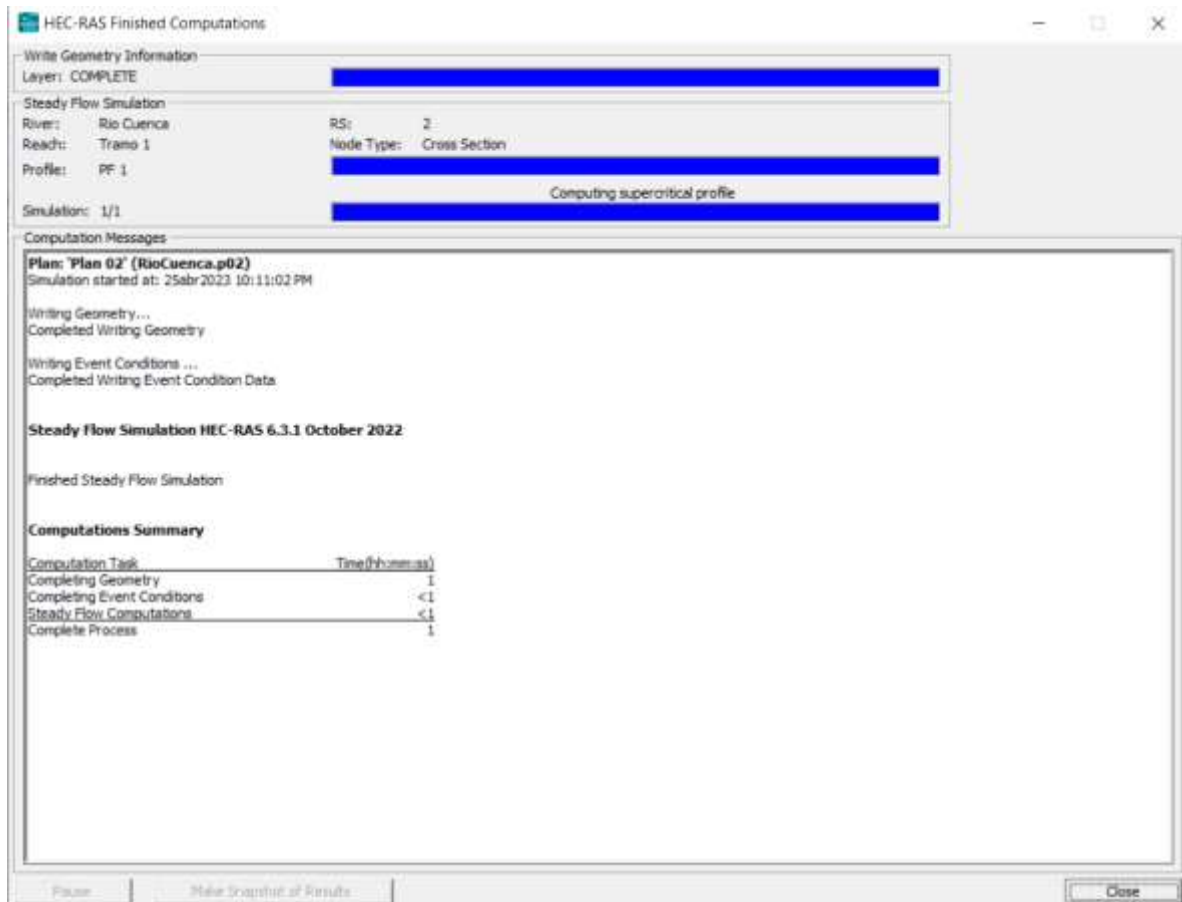
Anexo 20: Ubicación y trazado del tramo de estudio del Río Cuenca con HEC-RAS.



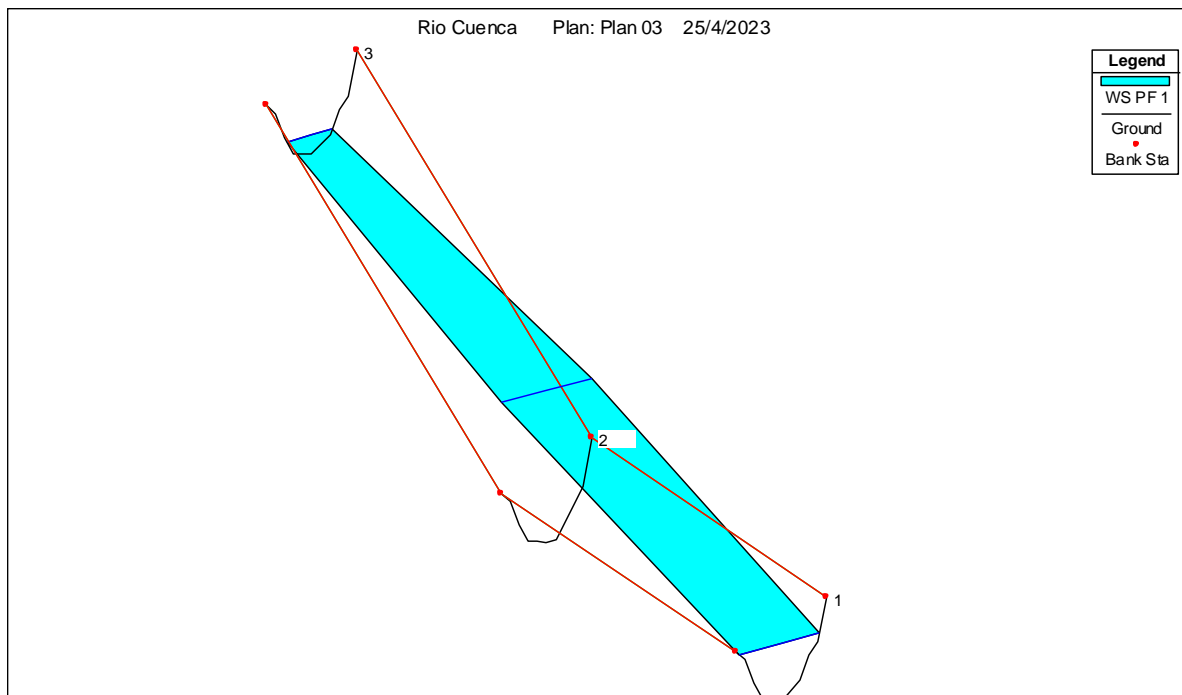
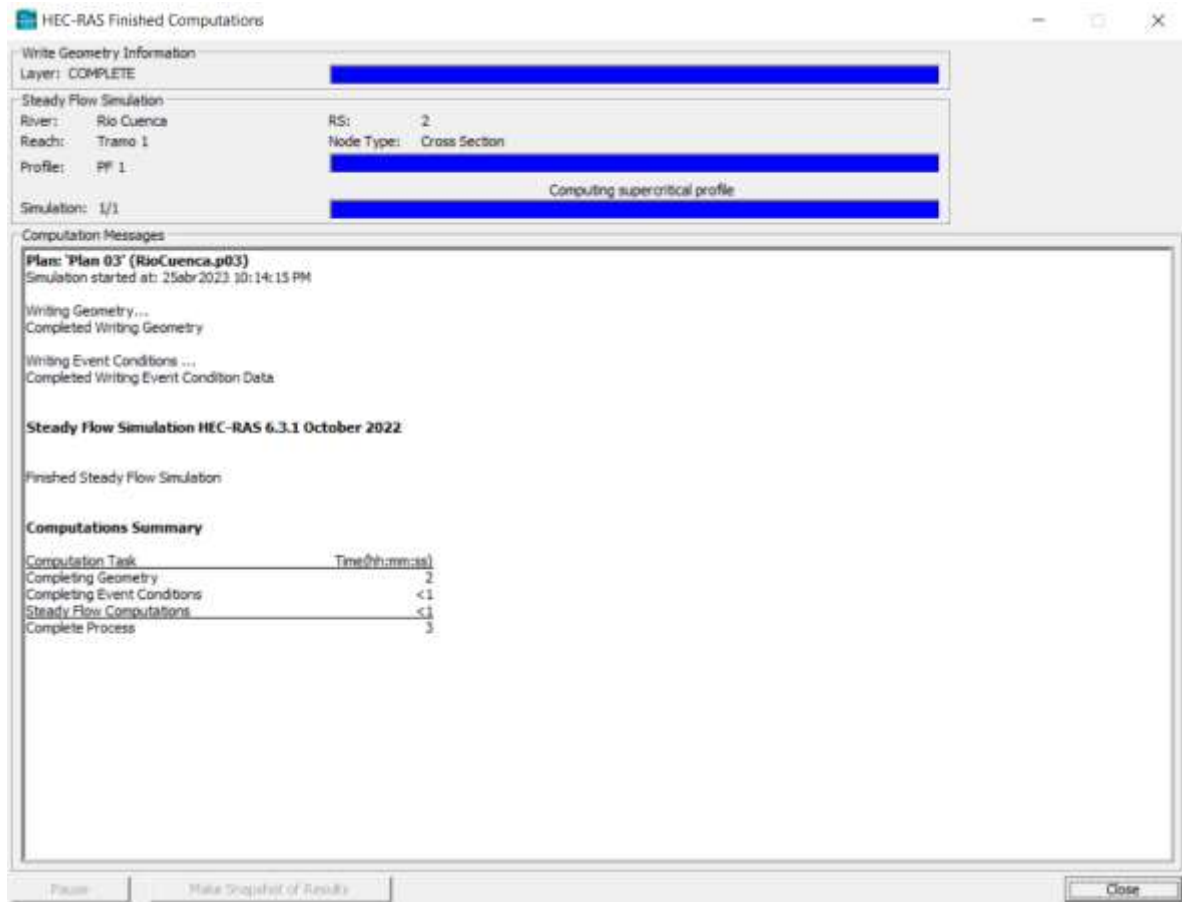
Anexo 21: Compilación y Simulación del Río Cuenca ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



Anexo 22: Compilación y Simulación del Río Cuenca ($50 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



Anexo 23: Compilación y Simulación del Río Cuenca ($100 \text{ m}^3/\text{s}$) con HEC-RAS.



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Kevin Adrián Matute Arias portador de la cédula de ciudadanía N.º 0106066632. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación " Análisis de estrategias para un mayor aprovechamiento de sistemas híbridos de energías renovables que incluyen turbinas hidrocinéticas en ciudades atravesadas por ríos. Caso Cuenca-Ecuador" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 16 de mayo de 2023

F:.....

Kevin Adrián Matute Arias

0106066632