

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y  
MECÁNICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**TESIS**

**SELECCIÓN DEL GRUPO DE GENERACIÓN TURBINA – GENERADOR  
CON LA ASISTENCIA DEL SOFTWARE MATLAB PARA MINICENTRALES  
HIDROELÉCTRICAS EN LA REGIÓN CUSCO**

**PRESENTADO POR:**

Br. RAFFO ROJAS GORDILLO

Br. JEDY VILLANUEVA ARCE

**PARA OPTAR AL TÍTULO  
PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**ASESOR:**

Ing. PABLO APAZA HUANCA

**CUSCO – PERÚ**

**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada:.....

“SELECCION DEL GRUPO DE GENERACIÓN TURBINA - GENERADOR CON LA ASISTENCIA DEL SOFTWARE MATLAB PARA MINICENTRALES HIDROELECTRICAS EN LA REGION CUSCO”

presentado por: RAFFO ROJAS GORDILLO con DNI Nro.: 48311821 presentado

por: JEDY VILLANUEVA ARCE con DNI Nro.: 43001253 para optar el

título profesional/grado académico de .....

INGENIERO ELECTRICISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 veces, mediante el

Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la

UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 22 de noviembre de 2024



Firma

Post firma: Pablo Apaza Huanca

Nro. de DNI: 23842746

ORCID del Asesor: 0000-0002-3941-1347

## Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:408459500?locale=es-MX

# RAFO-JEDY ROJAS-VILLANUEVA

## SELECCIÓN DEL GRUPO DE GENERACIÓN TURBINA – GENERADOR CON LA ASISTENCIA DEL SOFTWARE MATLAB P...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:408459500

Fecha de entrega

22 nov 2024, 3:24 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

24 nov 2024, 1:30 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

2 TEXTO TESIS JEDY & RAFFO-2024-CORREGIDO FINAL SUBSANADO DESPUES DE SUSTENTACION.pdf

Tamaño de archivo

7.0 MB

458 Páginas

97,752 Palabras

528,586 Caracteres

# 5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 25 palabras)

## Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

## Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**  
2345 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**  
48 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## PRESENTACIÓN

Señor : Decano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica,  
Informática y Mecánica.

Señores : Miembros del Dictamen de Tesis.

En cumplimiento con la disposición del reglamento de Grados y Títulos vigente, y con el propósito de optar al título profesional de Ingeniero Electricista, presentamos a vuestra consideración la tesis intitulada: “SELECCIÓN DEL GRUPO DE GENERACIÓN TURBINA – GENERADOR CON LA ASISTENCIA DEL SOFTWARE MATLAB PARA MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN LA REGIÓN CUSCO”. Como proyecto de investigación, tiene la finalidad de seleccionar el grupo de generación turbina – generador para una minicentral hidroeléctrica del tipo de agua fluyente (naturaleza de la Región Cusco), a partir de los parámetros hidráulicos tales como: el salto o altura hidrológica, el caudal que considere a su vez el porcentaje del caudal ecológico, el peso específico del agua, se tenga como resultados la potencia de la turbina hidráulica y las características técnicas del generador, previa implementación del código script dentro del entorno Matlab, siendo este método capaz de seleccionar el grupo turbina – generador de manera eficiente (el más adecuado), y en el menor tiempo posible (Eficaz) asimismo esta propuesta es aplicada en futuras Minicentrales hidráulicas identificadas Mapacho I,II y Salcca I, II; así como la validación en la minicentral hidroeléctrica de Chuyapi, que en resumen constituye el aporte del proceso de investigación.

Atentamente,

Br. Raffo Rojas Gordillo.

Br. Jedy Villanueva Arce.

## RESUMEN EJECUTIVO

En la selección de la turbina y el generador, se tiene la necesidad de métodos y técnicas precisas para empezar a comprender la especialidad debido a que las diferentes bibliografías existentes como libros, artículos, tesis, etc. están totalmente dispersas y a veces muy confusas con definiciones en base textual mas no de diseño técnico propiamente. Por lo que se propuso un método de cálculo justificativo, de manera teórica - técnica sustentable, comprensible, óptima y sobre todo práctica en la selección del grupo de generación y que esta tiene la capacidad de calcular y reportar resultados de manera automatizada con las características eléctricas y técnicas del grupo de generación de manera eficiente (optimizar el tiempo de cálculo) y a su vez validar los resultados del método propuesto.

Por lo que, a partir del salto bruto o neto, el caudal, el porcentaje del caudal ecológico considerado, el peso específico del agua, implementado en el código script del software que tiene una plataforma de programación, cálculo numérico, análisis de datos, análisis iterativo y desarrollo de algoritmos como el caso del Matlab como variable de entrada, se tenga como resultados o variables de salida las características técnicas del grupo de generación turbina – generador. Y que aplicado al proyecto para la mini central hidroeléctrica Mapacho I y II, Salcca I y II y en la mini central hidroeléctrica de Chuyapi se demostró que efectivamente es viable y/o confiable los resultados obtenidos.

La tesis es un proyecto de investigación por lo que es de tipo aplicado, con diseño no experimental – transversal, de nivel explicativo y enfoque cuantitativo.

Concluyendo se logra implementar la propuesta de la selección del grupo de generación turbina – generador con la asistencia del software Matlab mediante el código script para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco a partir de los parámetros hidráulicos en mención, y que en conjunto permitió realizar la mejor elección. Cuyo grado de confiabilidad según alfa de Cronbach es calificado como “buena” en cuanto a los resultados obtenidos.

Palabras Claves: Operación, Mantenimiento, Centrales Hidroeléctricas, Matlab y Turbina-Generador.

## ABSTRACT

In the selection of the turbine and generator, there is a need for precise methods and techniques to begin to understand the specialty because the different existing bibliographies such as books, articles, theses, etc. are totally dispersed and sometimes very confusing with definitions based on textual but not on technical design itself. Therefore, a justifying calculation method was proposed, in a theoretical-technical, sustainable, understandable, optimal and above all practical way in the selection of the generation group and that it has the ability to calculate and report results in an automated way with the electrical and technical characteristics of the generation group in an efficient way (optimize the calculation time) and in turn validate the results of the proposed method.

Therefore, from the gross or net jump, the flow, the percentage of the ecological flow considered, the specific weight of the water, implemented in the script code of the software that has a programming platform, numerical calculation, data analysis, iterative analysis and development of algorithms as the case of the Matlab as an input variable, the results or output variables are the technical characteristics of the turbine-generator generation group. And that applied to the project for the Mapacho I and II mini hydroelectric power plant, Salcca I and II and in the Chuyapi mini hydroelectric plant, it was demonstrated that the results obtained are indeed viable and/or reliable. The thesis is a research project so it is of an applied type, with a non-experimental – cross-sectional design, with an explanatory level and a quantitative approach.

In conclusion, it is possible to implement the proposal for the selection of the turbine-generator generation group with the assistance of the Matlab software through the script code for mini-hydroelectric plants in the Cusco region based on the hydraulic parameters in mention, and which together allowed the best choice to be made. Whose degree of reliability according to Cronbach's alpha is rated as "good" in terms of the results obtained.

Keywords: Operation, Maintenance, Hydroelectric Power Plants, Matlab and Turbine-Generator.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la construcción de mini centrales hidroeléctricas está impulsada por el crecimiento de la densidad poblacional que generan el aumento de la demanda de electricidad. Por ello, las organizaciones, entidades e instituciones están interesadas en financiar el desarrollo de proyectos para así satisfacer la demanda eléctrica de los usuarios finales.

Por lo tanto, resulta atractivo para las empresas constructoras y consultoras obtener ganancias financieras por el desarrollo de proyectos hidroeléctricos, ya que estos proyectos pueden elaborarse de manera rápida, eficiente y con mínimos detalles de ingeniería exigido.

Así mismo, el diseño de mini centrales hidroeléctricas, comprende diferentes etapas, tales como: las obras de captación, de conducción, y la selección del equipo electromecánico. Esta última etapa se realiza teniendo en cuenta recomendaciones teóricas mediante la información de textos, artículos científicos y catálogos de fabricantes, es cierto que también en la selección de los grupos de generación intervienen factores aleatorios como son el aspecto económico financiero, entre otros, aspectos que no se consideran en el presente proyecto de investigación.

En esa perspectiva surge la importancia y necesidad de la tesis para la selección óptima del grupo de generación turbina – generador en minicentrales hidroeléctricas de la región del Cusco, tomando en consideración los parámetros hidráulicos como datos de entrada descritas anteriormente para el tipo de agua fluyente o MCH tipo 1 y con las mínimas características técnicas exigidas para su posterior adquisición e implementación. Ya que tanto la turbina hidráulica siendo el elemento fundamental con el que se aprovecha la energía y transforma la energía cinética (fruto del movimiento) de una corriente de agua en energía mecánica. Así como el generador unido en un eje común a la turbina para la producción de la energía eléctrica. Siendo ambas máquinas muy importantes en la producción de la energía para su posterior uso en el hogar, en la industria e inclusive en el transporte, teniendo un amplio abanico de aplicaciones.

En ese sentido la tesis propone cinco capítulos:

Capítulo I: referido a los aspectos generales, describiendo la ubicación geográfica, el planteamiento del problema, la formulación del objetivo general y los específicos, las hipótesis, las justificaciones de la tesis, así como los alcances y las limitaciones.

Capítulo II: referidos al marco teórico conceptual, donde se desarrolla los antecedentes o estados de arte, las bases conceptuales necesarias con referencia a las mini centrales hidroeléctricas, la obtención de las 4 categorías temáticas o escenarios, así como el resumen de las fórmulas a utilizar que incluya la obtención del grado de confiabilidad en base a errores relativos para justificar el fundamento y la valides de los resultados obtenidos

Capítulo III: referidos a la evaluación y formulación de la propuesta para la sección del grupo de generación - turbina generador. Donde se desarrolla la definición del método propuesto en base a esquemas y flujogramas para el escenario del salto, escenario de caudales, escenario de la potencia de turbina y el escenario de las características técnicas del generador. Los datos requeridos, la determinación de los parámetros de entrada, la determinación de los parámetros de salida para su posterior implementación en el entorno software Matlab.

Capítulo IV: referidos a la aplicación de la propuesta implantando el código script en el entorno del Matlab para los 4 escenarios, la técnica y demás procedimientos necesarios, que en conjunto permiten realizar la mejor elección del grupo de generación.

Capítulo V: referidos a la validación de la propuesta. Siendo estos resultados comparados con los datos técnicos existentes de las minicentrales hidroeléctricas de Minicentrales hidroeléctricas identificadas Mapacho I, II y Salcca I, II y de Chuyapi, obteniendo el error relativo, así como el grado de confiabilidad para los 4 escenarios.

Para finalizar: Las conclusiones, sugerencias y/o recomendaciones, la bibliografía y los anexos de la tesis.

## CONTENIDO DE LA TESIS

PRESENTACIÓN.....	ii
RESUMEN EJECUTIVO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	v
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xxix
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>2</b>
ASPECTOS GENERALES.....	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Ubicación geográfica.....	3
1.3. El problema.....	8
1.3.1. Planteamiento del problema.....	8
1.3.2. Formulación del problema.....	13
1.3.2.1. Problema general.....	13
1.3.2.2. Problemas específicos.....	13
1.4. Objetivos.....	13
1.4.1. Objetivo general.....	13
1.4.2. Objetivos específicos.....	14
1.5. Justificación de la tesis.....	14
1.5.1. Técnica.....	14
1.5.2. Económica.....	14
1.5.3. Por conveniencia.....	15
1.5.4. Utilidad metodológica.....	15
1.5.5. Social.....	15
1.5.6. Académica.....	16
1.6. Alcances de la tesis.....	16

1.7. Limitaciones de la tesis.....	17
1.8. Variables.....	18
1.8.1. Operacionalización de variables.....	19
1.9. La hipótesis.....	21
1.9.1. Hipótesis general.....	21
1.9.2. Hipótesis específicas.....	21
1.10. Metodología.....	21
1.10.1. Tipo de investigación.....	21
1.10.2. Diseño de investigación.....	21
1.10.3. Método de investigación.....	22
1.10.4. Nivel de investigación.....	22
1.10.5. Enfoque de investigación.....	22
1.10.6. Población y muestra.....	22
1.10.7. Técnicas de recolección de información.....	22
1.10.8. Instrumentos utilizados para la recolección de información.....	23
1.10.9. Herramientas para el procesamiento de datos.....	23
1.10.10. Tratamiento de datos.....	23
1.10.11. Análisis de datos.....	23
1.10.12. Matriz de consistencia.....	23
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>25</b>
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL</b> .....	<b>25</b>
2.1. Antecedentes (estados de arte).....	25
2.1.1. Nacionales.....	25
2.1.2. Internacionales.....	28
2.2. Normativa utilizada.....	29
2.3. Bases conceptuales.....	30
2.3.1. Mini central hidroeléctrica.....	30

2.3.2.	<i>Tipos de mini centrales hidroeléctricas.....</i>	31
2.3.2.1.	<i>De agua fluyente.....</i>	32
2.3.2.2.	<i>A pie de presa.....</i>	33
2.3.2.3.	<i>En canales de riego y/o abastecimiento.....</i>	34
2.3.2.4.	<i>En redes de agua.....</i>	34
2.3.3.	<i>Principios de funcionamiento de una mini central hidroeléctrica.....</i>	35
2.3.4.	<i>Estudios cartográficos y topográficos.....</i>	36
2.3.4.1.	<i>Salto bruto y salto neto.....</i>	36
2.3.4.2.	<i>Evaluación y determinación del salto neto.....</i>	37
2.3.5.	<i>Evaluación hidrológica.....</i>	39
2.3.5.1.	<i>Métodos cuando existen historiales de datos.....</i>	39
2.3.5.1.1.	<i>Hidrogramas.....</i>	39
2.3.5.1.2.	<i>Curva estándar del caudal clasificado.....</i>	43
2.3.5.2.	<i>Método cuando existen historial de registro pluviométrico.....</i>	44
2.3.5.3.	<i>Método de mediciones directas del caudal.....</i>	44
2.3.5.3.1.	<i>Medición del área y la velocidad.....</i>	44
2.3.5.3.2.	<i>Medición del caudal con correntómetro.....</i>	46
2.3.5.3.3.	<i>Medición de caudal con escala.....</i>	46
2.3.5.3.4.	<i>Medición con estructuras hidráulicas.....</i>	47
2.3.5.4.	<i>Caudal ecológico.....</i>	49
2.3.5.4.1.	<i>Método de Tennant o de Montana.....</i>	49
2.3.5.4.2.	<i>Método IDAE 2006.....</i>	50
2.3.6.	<i>Diseño de obras civiles.....</i>	50
2.3.7.	<i>Turbinas hidráulicas.....</i>	51
2.3.7.1.	<i>Turbinas de acción.....</i>	52
2.3.7.1.1.	<i>Pelton.....</i>	52

2.3.7.1.2. <i>Flujo cruzado</i> .....	53
2.3.7.2. <i>Turbinas de reacción</i> .....	54
2.3.7.2.1. <i>Francis</i> .....	54
2.3.7.2.2. <i>Hélice, semikaplan y Kaplan</i> .....	55
2.3.7.2.3. <i>Tubular</i> .....	56
2.3.7.2.4. <i>Bulbo</i> .....	57
2.3.7.3. <i>Características de las turbinas hidráulicas</i> .....	57
2.3.7.3.1. <i>Selección del tipo de turbina</i> .....	58
2.3.7.3.2. <i>Multiplificador de velocidad</i> .....	58
2.3.7.3.3. <i>Velocidad específica de la turbina</i> .....	59
2.3.7.3.4. <i>Potencia de la turbina</i> .....	61
2.3.8. <i>El generador</i> .....	61
2.3.8.1. <i>Potencia nominal del generador</i> .....	63
2.3.8.2. <i>Eficiencia del generador</i> .....	63
2.3.8.3. <i>Factor de potencia</i> .....	63
2.3.8.4. <i>Frecuencia</i> .....	64
2.3.8.5. <i>Tensión nominal</i> .....	64
2.3.8.6. <i>Velocidad de sincronismo</i> .....	65
2.3.8.7. <i>Parámetros de selección del generador</i> .....	65
2.3.9. <i>Métodos estadísticos</i> .....	66
2.3.9.1. <i>Media aritmética</i> .....	66
2.3.9.2. <i>Error relativo porcentual</i> .....	66
2.3.10. <i>Grados de confiabilidad</i> .....	67
2.3.11. <i>Alfa de Cronbach</i> .....	67
2.3.12. <i>Lineamientos nacionales e internacionales</i> .....	68
2.3.12.1. <i>Autoridad nacional del agua</i> .....	68

2.3.13. <i>Resumen de ecuaciones</i> .....	69
<b>CAPÍTULO III</b> .....	72
FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN DEL GRUPO DE GENERACIÓN	
- TURBINA GENERADOR.....	72
3.1. Pilares para definición los casos de aplicación.....	72
3.1.1. <i>Características y/o requisitos</i> .....	72
3.2. Casos de aplicación.....	73
3.3. Características de la propuesta.....	74
3.4. Numero de etapas o escenarios de la propuesta.....	74
3.5. Escenario de la altura o salto hidrológico.....	75
3.5.1. <i>Datos requeridos por la propuesta</i> .....	77
3.5.1.1. <i>Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica</i> .....	77
3.5.1.1.1. <i>Salto o altura neta</i> .....	77
3.5.1.1.2. <i>Salto o altura bruta</i> .....	77
3.5.1.2. <i>Valores recomendados</i> .....	78
3.5.1.2.1. <i>Porcentaje de las pérdidas hidráulicas</i> .....	78
3.5.2. <i>Determinación de los parámetros</i> .....	80
3.5.2.1. <i>Altura líquida final (Hliqf)</i> .....	80
3.5.3. <i>Análisis y resumen de resultados</i> .....	81
3.6. Escenario de caudales.....	81
3.6.1. <i>Datos requeridos por la propuesta</i> .....	83
3.6.1.1. <i>Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica</i> .....	83
3.6.1.1.1. <i>Datos históricos de caudales mensuales anuales</i> .....	83
3.6.1.1.2. <i>Caudal de diseño tipo 1</i> .....	86
3.6.1.2. <i>Valores recomendados</i> .....	86
3.6.1.2.1. <i>Porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado</i> .....	86

3.6.2.	<i>Determinación de los parámetros.....</i>	88
3.6.2.1.	<i>Caudal promedio.....</i>	88
3.6.2.2.	<i>Caudal mínimo.....</i>	89
3.6.2.3.	<i>Caudal ecológico reglamentado.....</i>	89
3.6.2.4.	<i>Caudal ecológico disponible inicial.....</i>	90
3.6.2.5.	<i>Caudal ecológico constante.....</i>	91
3.6.2.6.	<i>Caudal final del proyecto por turbina.....</i>	91
3.6.2.7.	<i>Caudal ecológico disponible final.....</i>	92
3.6.3.	<i>Análisis y resumen de resultados.....</i>	93
3.7.	<i>Escenario de potencias de turbina.....</i>	93
3.7.1.	<i>Datos requeridos por la propuesta.....</i>	95
3.7.1.1.	<i>Datos requeridos de otros escenarios.....</i>	95
3.7.1.1.1.	<i>Salto o altura líquida final.....</i>	95
3.7.1.1.2.	<i>Caudal final del proyecto por turbina.....</i>	96
3.7.1.2.	<i>Valores recomendados.....</i>	96
3.7.1.2.1.	<i>Porcentaje de eficiencia de la turbina.....</i>	96
3.7.1.2.2.	<i>Peso específico del agua.....</i>	98
3.7.2.	<i>Determinación de los parámetros.....</i>	98
3.7.2.1.	<i>Potencia final de la turbina.....</i>	98
3.7.3.	<i>Análisis y resumen de resultados.....</i>	99
3.8.	<i>Escenario de características técnicas generador.....</i>	99
3.8.1.	<i>Datos requeridos por la propuesta.....</i>	102
3.8.1.1.	<i>Datos requeridos de otros escenarios.....</i>	102
3.8.1.1.1.	<i>Salto o altura líquida final.....</i>	102
3.8.1.1.2.	<i>Potencia final de la turbina.....</i>	102
3.8.1.2.	<i>Valores recomendados.....</i>	102

3.8.1.2.1. Porcentaje de eficiencia del generador.....	102
3.8.1.2.2. Factor de potencia.....	104
3.8.1.2.3. Número de polos.....	106
3.8.1.2.4. Tensión nominal. ....	107
3.8.1.2.5. Frecuencia del generador. ....	108
3.8.2. Determinación de los parámetros.....	108
3.8.2.1. Potencia nominal del generador. ....	108
3.8.2.2. Velocidad síncrona.....	109
3.8.2.3. Velocidad específica de la turbina hidráulica. ....	110
3.8.3. Resumen y análisis de resultados. ....	110
3.8.3.1. Selección del generador. ....	111
3.8.3.2. Paso 1: Selección del tipo de turbina.....	111
3.8.3.3. Paso 2: hacer las comparaciones de manera analítica como primera selección.....	113
3.8.3.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.....	116

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	118
APLICACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN DEL GRUPO DE GENERACIÓN - TURBINA GENERADOR CON LA ASISTENCIA DEL SOFTWARE MATLAB. ....	118
4.1. Introducción.....	118
4.2. Minicentral hidroeléctrica de Mapacho 01 y 02 – Paucartambo – Cusco. ....	118
4.2.1. <i>Ubicación política.</i> .....	118
4.2.2. <i>Ubicación geográfica.</i> .....	119
4.2.3. <i>Características del proyecto.</i> .....	120
4.2.3.1. <i>Turbina.</i> .....	121
4.2.4. <i>Características hidrológicas de la Minicentral hidroeléctrica Mapacho 01 y 02.</i> 121	
4.2.4.1. <i>Historial de caudales mensuales anuales central hidroeléctrica Mapacho 01 y 02.</i> .....	122
4.2.5. <i>Casos de estudio de la Minicentral hidroeléctrica de Mapacho 01 y 02.</i> .....	122
4.2.6. <i>MAPACHO 01, grupo generación 01 - Minicentral hidroeléctrica de Mapacho 01.</i> .....	123
4.2.6.1. <i>Escenario de saltos.</i> .....	123
4.2.6.1.1. <i>Resumen y análisis de resultados.</i> .....	124
4.2.6.2. <i>Escenario de caudales.</i> .....	124
4.2.6.2.1. <i>Resumen y análisis de resultados.</i> .....	124
4.2.7. <i>Datos requeridos por la propuesta.</i> .....	127
4.2.7.1. <i>Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica.</i> .....	127
4.2.7.1.1. <i>Datos históricos de caudales mensuales anuales.</i> .....	127
4.2.7.2. <i>Escenario de potencia de turbina grupo 01</i> .....	130
4.2.7.2.1. <i>Resumen y análisis de resultados grupo 01.</i> .....	130
4.2.7.3. <i>Escenario de las características técnicas del generador</i> .....	131
4.2.7.3.1. <i>Resumen y análisis de resultados grupo 01.</i> .....	131

4.2.7.3.2. Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.....	132
4.2.7.3.3. Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección..	134
4.2.7.3.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.....	135
4.2.7.4. Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01. ....	137
4.2.8. MAPACHO 02, grupo generación 01 - Minicentral hidroeléctrica de Mapacho 02. 139	
4.2.8.1. Escenario de saltos.....	139
4.2.8.1.1. Resumen y análisis de resultados.....	140
4.2.8.2. Escenario de caudales.....	140
4.2.8.2.1. Resumen y análisis de resultados.....	140
4.2.9. Datos requeridos por la propuesta.....	143
4.2.9.1. Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica. ....	143
4.2.9.1.1. Datos históricos de caudales mensuales anuales.....	143
4.2.9.2. Escenario de potencia de turbina grupo 01 .....	146
4.2.9.2.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01. ....	146
4.2.9.3. Escenario de las características técnicas del generador.....	147
4.2.9.3.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01. ....	147
4.2.9.3.2. Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.....	149
4.2.9.3.3. Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección..	150
4.2.9.3.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.....	152
4.2.9.4. Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01. ....	154
4.3. Minicentral hidroeléctrica de Minicentral hidroeléctrica de Salcca-Combapata- Canchis-Cusco.....	156
4.3.1. Ubicación política. ....	156

4.3.2.	<i>Ubicación geográfica.</i>	156
4.3.3.	<i>Características del proyecto.</i>	158
4.3.3.1.	<i>Turbina.</i>	158
4.3.4.	<i>Características hidrológicas de la Minicentral hidroeléctrica Salcca 01 y 02.</i>	158
4.3.4.1.	<i>Historial de caudales mensuales anuales central hidroeléctrica Salcca 01 y 02.</i>	159
4.3.5.	<i>Casos de estudio de la Minicentral hidroeléctrica de Salcca 01 y 02.</i>	160
4.3.6.	<i>SALCCA 01, grupo generación 01 - Minicentral hidroeléctrica de Salcca.</i>	160
4.3.6.1.	<i>Escenario de saltos.</i>	161
4.3.6.1.1.	<i>Resumen y análisis de resultados.</i>	161
4.3.6.2.	<i>Escenario de caudales.</i>	162
4.3.6.2.1.	<i>Resumen y análisis de resultados.</i>	162
4.3.7.	<i>Datos requeridos por la propuesta.</i>	164
4.3.7.1.	<i>Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica.</i>	164
4.3.7.1.1.	<i>Datos históricos de caudales mensuales anuales.</i>	164
4.3.7.2.	<i>Escenario de potencia de turbina grupo 01</i>	168
4.3.7.2.1.	<i>Resumen y análisis de resultados grupo 01.</i>	168
4.3.7.3.	<i>Escenario de las características técnicas del generador</i>	169
4.3.7.3.1.	<i>Resumen y análisis de resultados grupo 01.</i>	169
4.3.7.3.2.	<i>Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.</i>	170
4.3.7.3.3.	<i>Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección.</i>	172
4.3.7.3.4.	<i>Paso 3: Selección del generador definitivo.</i>	173
4.3.7.4.	<i>Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01.</i>	175
4.3.8.	<i>SALCCA 02, grupo generación 01 - Minicentral hidroeléctrica de Salcca.</i>	177
4.3.8.1.	<i>Escenario de saltos.</i>	177

4.3.8.1.1. Resumen y análisis de resultados.....	178
4.3.8.2. Escenario de caudales.....	178
4.3.8.2.1. Resumen y análisis de resultados.....	178
4.3.9. Datos requeridos por la propuesta.....	181
4.3.9.1. Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica. ....	181
4.3.9.1.1. Datos históricos de caudales mensuales anuales.....	181
4.3.9.2. Escenario de potencia de turbina grupo 01.....	184
4.3.9.2.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01. ....	184
4.3.9.3. Escenario de las características técnicas del generador.....	185
4.3.9.3.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01. ....	186
4.3.9.3.2. Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.....	187
4.3.9.3.3. Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección..	188
4.3.9.3.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.....	190
4.3.9.4. Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01. ....	191
4.4. Minicentral hidroeléctrica de Chuyapi – Santa Ana – la Convención – Cusco.....	193
4.4.1. Ubicación política. ....	193
4.4.2. Ubicación geográfica. ....	193
4.4.3. Características del proyecto.....	194
4.4.4. Equipamiento de la casa de máquinas. ....	196
4.4.4.1. Generador. ....	196
4.4.4.2. Turbina.....	200
4.4.4.3. Tablero de control.....	202
4.4.5. Características hidrológicas de la central hidroeléctrica Chuyapi. ....	203
4.4.5.1. Historial de caudales mensuales anuales central hidroeléctrica chuyapi. ....	203

4.4.6.	<i>Casos de estudio.</i>	204
4.4.7.	<i>Caso A, grupo generación 01.</i>	205
4.4.7.1.	<i>Escenario de saltos.</i>	206
4.4.7.1.1.	<i>Resumen y análisis de resultados.</i>	206
4.4.7.2.	<i>Escenario de caudales.</i>	206
4.4.7.2.1.	<i>Resumen y análisis de resultados.</i>	206
4.4.7.3.	<i>Escenario de potencia de turbina grupo 01.</i>	209
4.4.7.3.1.	<i>Resumen y análisis de resultados grupo 01.</i>	209
4.4.7.4.	<i>Escenario de las características técnicas del generador.</i>	210
4.4.7.4.1.	<i>Resumen y análisis de resultados grupo 01.</i>	210
4.4.7.4.2.	<i>Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.</i>	211
4.4.7.4.3.	<i>Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección.</i>	213
4.4.7.4.4.	<i>Paso 3: Selección del generador definitivo.</i>	214
4.4.7.5.	<i>Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01.</i>	216
4.4.8.	<i>Caso B, grupo generación 01.</i>	218
4.4.8.1.	<i>Escenario de saltos.</i>	218
4.4.8.1.1.	<i>Resumen y análisis de resultados.</i>	219
4.4.8.2.	<i>Escenario de caudales.</i>	219
4.4.8.2.1.	<i>Resumen y análisis de resultados.</i>	219
4.4.8.3.	<i>Escenario de potencia de turbina grupo 01.</i>	222
4.4.8.3.1.	<i>Resumen y análisis de resultados grupo 01.</i>	222
4.4.8.4.	<i>Escenario de las características técnicas del generador.</i>	223
4.4.8.4.1.	<i>Resumen y análisis de resultados grupo 01.</i>	224
4.4.8.4.2.	<i>Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.</i>	225
4.4.8.4.3.	<i>Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección.</i>	226

4.4.8.4.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.....	228
4.4.8.5. Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01. ....	230
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>232</b>
<b>VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN DEL GRUPO DE GENERACIÓN - TURBINA GENERADOR. ....</b>	<b>232</b>
5.1. Introducción. ....	232
5.2. Escenario de saltos.....	232
5.3. Escenario de caudales. ....	233
5.4. Escenario de potencia de turbina. ....	235
5.5. Escenario de las características técnicas del generador. ....	236
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>239</b>
<b>SUGERENCIAS Y/O RECOMENDACIONES.....</b>	<b>240</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>241</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>244</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1.1</b> Ubicación a nivel nacional, provincial y distrital para la aplicación del método propuesto.	4
<b>Figura 1.2</b> Ubicación a nivel nacional, provincial y distrital para la aplicación del método propuesto.	6
<b>Figura 1.3</b> Ubicación a nivel nacional, provincial y distrital para la aplicación del método propuesto.	7
<b>Figura 1.4</b> Participación de la producción de energía.....	12
<b>Figura 2.1</b> La energía hidráulica y el ciclo de la hidrología. ....	31
<b>Figura 2.2</b> La Minicentral hidroeléctrica de agua fluyente.....	32
<b>Figura 2.3</b> La Minicentral hidroeléctrica a pie de presa. ....	33
<b>Figura 2.4</b> La Minicentral hidroeléctrica en canal de riego.....	34
<b>Figura 2.5</b> La Minicentral hidroeléctrica en redes de agua.....	35
<b>Figura 2.6</b> Salto o altura en una Minicentral hidroeléctrica. ....	37
<b>Figura 2.7</b> Hidrograma de caudales. ....	40
<b>Figura 2.8</b> Caudales clasificados y caudales de frecuencia. ....	42
<b>Figura 2.9</b> Curva de caudales estándar. ....	43
<b>Figura 2.10</b> Medida del nivel de agua en estación de aforo. ....	45
<b>Figura 2.11</b> Evaluación de la sección transversal del río.....	45
<b>Figura 2.12</b> Vector de velocidad en el área de medición.....	46
<b>Figura 2.13</b> Escala de medición de caudales. ....	47
<b>Figura 2.14</b> Medición del caudal por aliviadero.....	48
<b>Figura 2.15</b> Esquema de una turbina hidráulica. ....	52
<b>Figura 2.16</b> Turbina Pelton. ....	53
<b>Figura 2.17</b> Turbina de flujo cruzado. ....	54
<b>Figura 2.18</b> Turbina de Francis.....	55
<b>Figura 2.19</b> Turbina de Kaplan. ....	56
<b>Figura 2.20</b> Curvas de selección de la turbina hidráulica. ....	58

<b>Figura 2.21</b> Turbina Kaplan con multiplicador. ....	59
<b>Figura 2.22</b> Turbina Francis con eje horizontal acoplado al generador.....	62
<b>Figura 3.1</b> Esquema de la propuesta para el escenario de la altura o salto. ....	76
<b>Figura 3.2</b> Flujograma para el escenario de la altura o salto. ....	76
<b>Figura 3.3</b> Esquema de la propuesta para el escenario de caudales.....	82
<b>Figura 3.4</b> Flujograma para el escenario de caudales. ....	82
<b>Figura 3.5</b> Curva de persistencia de caudales medios mensuales. ....	85
<b>Figura 3.6</b> Esquema de la propuesta para el escenario de la potencia de turbina. ....	93
<b>Figura 3.7</b> Flujograma para el escenario de la potencia de la turbina. ....	94
<b>Figura 3.8</b> Esquema de la propuesta para el escenario de características técnicas del generador.....	100
<b>Figura 3.9</b> Flujograma para el escenario de características técnicas del generador. ....	101
<b>Figura 3.10</b> Ubicación de la altura líquida final y el caudal del proyecto por turbina en el ábaco del fabricante. ....	112
<b>Figura 4.1</b> Ubicación geografía central hidroeléctrica Mapacho 01 y 02.....	120
<b>Figura 4.2</b> MCH de Mapacho 01 grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales. ...	125
<b>Figura 4.3</b> Curva de persistencia de caudales medios mensuales. ....	129
<b>Figura 4.4</b> MCH Mapacho 01 selección del tipo de turbina grupo 01.....	133
<b>Figura 4.5</b> MCH de Mapacho 02 grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales. ...	141
<b>Figura 4.6</b> Curva de persistencia de caudales medios mensuales. ....	145
<b>Figura 4.7</b> MCH Mapacho 02 selección del tipo de turbina grupo 01.....	149
<b>Figura 4.8</b> Ubicación geografía central hidroeléctrica Salcca 01. ....	157
<b>Figura 4.9</b> MCH de Salcca 01 grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales. ....	163
<b>Figura 4.10</b> Curva de persistencia de caudales medios mensuales. ....	167
<b>Figura 4.11</b> MCH de Salcca 01 selección del tipo de turbina grupo 01. ....	171
<b>Figura 4.12</b> MCH de Salcca 02 grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales. ....	180

<b>Figura 4.7</b> Curva de persistencia de caudales medios mensuales.....	183
<b>Figura 4.14</b> MCH de Salcca 02 selección del tipo de turbina grupo 01. ....	187
<b>Figura 4.15</b> Ubicación geografía central hidroeléctrica Chuyapi. ....	194
<b>Figura 4.16</b> Plano de distribución de componentes central hidroeléctrica Chuyapi.....	195
<b>Figura 4.17</b> Casa de máquinas central hidroeléctrica Chuyapi.....	196
<b>Figura 4.18</b> Grupo de generación 03 CH central hidroeléctrica Chuyapi. ....	198
<b>Figura 4.19</b> Grupo de generación 02 CH central hidroeléctrica Chuyapi. ....	199
<b>Figura 4.20</b> Grupo de generación 01 CH central hidroeléctrica Chuyapi. ....	200
<b>Figura 4.21</b> Tablero de control central hidroeléctrica Chuyapi. ....	202
<b>Figura 4.22</b> Caso A Grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales. ....	208
<b>Figura 4.23</b> Caso A Selección del tipo de turbina grupo 01. ....	212
<b>Figura 4.24</b> Caso B Grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales. ....	221
<b>Figura 4.25</b> Caso B Selección del tipo de turbina grupo 01. ....	225

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b> Ubicación geográfica para la aplicación de la tesis. ....	4
<b>Tabla 1.2</b> Ubicación geográfica para la aplicación de la tesis. ....	5
<b>Tabla 1.3</b> Ubicación geográfica para la aplicación de la tesis. ....	6
<b>Tabla 1.4</b> Consideraciones para la selección optima del grupo de generación turbina – generador. ....	9
<b>Tabla 1.5</b> Características a cumplir para la selección óptima del generador síncrono. ....	9
<b>Tabla 1.6</b> Tabla de operacionalización de variables. ....	20
<b>Tabla 1.7</b> Matriz de consistencia.....	24
<b>Tabla 2.1</b> Clasificación de las centrales hidroeléctricas según el rango de potencia.....	31
<b>Tabla 2.2</b> Valores recomendados para caudales anuales según TENNANT. ....	50
<b>Tabla 2.3</b> Características principales de las diferentes turbinas hidráulicas. ....	57
<b>Tabla 2.4</b> Velocidad específica normalizada para turbinas hidráulicas. ....	60
<b>Tabla 2.5</b> Tensiones de generación recomendables en centrales hidroeléctricas. ....	65
<b>Tabla 2.6</b> Grados de confiabilidad de estimación la validez de una metodología.....	67
<b>Tabla 2.7</b> Rangos del alfa de Cronbach .....	67
<b>Tabla 3.1</b> Porcentaje de pérdidas hidráulicas promedio en un M.C.H de agua fluyente (aduanas en túneles y canales de conducción).....	79
<b>Tabla 3.2</b> Valores recomendados de pérdidas hidráulicas de un M.C.H Tipo 1.....	79
<b>Tabla 3.3</b> Historial de caudales medios mensuales.....	83
<b>Tabla 3.4</b> Porcentaje de persistencia de caudales medios mensuales. ....	84
<b>Tabla 3.5</b> Porcentaje fijo de caudales ecológicos. ....	87
<b>Tabla 3.6</b> Valor recomendado para el porcentaje fijo del caudal ecológico reglamentado en un M.C.H Tipo 1.....	88
<b>Tabla 3.7</b> Porcentaje de eficiencias promedio de turbinas a partir de valores propuestos por las instituciones y/u organismos. ....	97

<b>Tabla 3.8</b> Valores recomendados de perdidas hidráulicas de un M.C.H Tipo 1 (de cagua fluyente). .	97
<b>Tabla 3.9</b> Valor del peso específico del agua recomendad en una M.C.H Tipo 1.....	98
<b>Tabla 3.10</b> Porcentaje de eficiencias promedio del generador síncrono a partir de valores propuestos por los fabricantes.....	103
<b>Tabla 3.11</b> Valor recomendado para considerar la eficiencia del generador. ....	103
<b>Tabla 3.12</b> Valor promedio para el factor de potencia a partir de valores propuestos por fabricantes de generadores síncronos.....	105
<b>Tabla 3.13</b> Valor recomendado para el factor de potencia del generador.....	106
<b>Tabla 3.14</b> Valor recomendado para número de polos de generadores síncronos.....	106
<b>Tabla 3.15</b> Valor recomendado para número de polos de generadores síncronos.....	107
<b>Tabla 3.16</b> Valor recomendado para el factor de potencia del generador.....	108
<b>Tabla 3.17</b> Valor recomendado para la frecuencia del generador.....	108
<b>Tabla 3.18</b> Elección de la turbina en base a la eficiencia. ....	113
<b>Tabla 3.19</b> Elección de la velocidad especifica normalizada para diferentes tipos de turbinas hidráulicas. ....	115
<b>Tabla 3.20</b> Rango de velocidades para generadores síncronos.....	116
<b>Tabla 4.1</b> Ubicación política del proyecto. ....	118
<b>Tabla 4.2</b> Ubicación geografía central hidroeléctrica Mapacho 01 y 02. ....	119
<b>Tabla 4.3</b> Historial de caudales medios mensuales – anuales Minicentral Hidroeléctrica de Mapacho 01 y 02.....	122
<b>Tabla 4.4</b> Casos de estudio.....	122
<b>Tabla 4.5</b> MCH de Mapacho 01 resumen de resultados escenario de caudales.....	125
<b>Tabla 4.6</b> Historial de caudales medios mensuales.....	127
<b>Tabla 4.7</b> Porcentaje de persistencia de caudales medios mensuales. ....	128
<b>Tabla 4.8</b> MCH de Mapacho 01 resumen de resultados escenario de caudales.....	129

<b>Tabla 4.9</b> <i>MCH Mapacho 01 resumen de las características técnicas de los generadores síncronos.</i> .....	131
<b>Tabla 4.10</b> <i>MCH de Mapacho 01 selección de la turbina más óptima grupo 01.</i> .....	133
<b>Tabla 4.11</b> <i>MCH de Mapacho 01 selección del rango de velocidades específicas grupo 01.</i> .....	134
<b>Tabla 4.12</b> <i>MCH de Mapacho 01 primera selección de generadores grupo 01.</i> .....	135
<b>Tabla 4.13</b> <i>MCH de Mapacho 01 característica técnica definitiva del grupo de generación turbina-generator grupo 01.</i> .....	137
<b>Tabla 4.14</b> <i>MCH de Mapacho 02 resumen de resultados escenario de caudales.</i> .....	141
<b>Tabla 4.15</b> <i>Historial de caudales medios mensuales.</i> .....	143
<b>Tabla 4.16</b> <i>Porcentaje de persistencia de caudales medios mensuales.</i> .....	144
<b>Tabla 4.17</b> <i>MCH de Mapacho 02 resumen de resultados escenario de caudales.</i> .....	145
<b>Tabla 4.18</b> <i>MCH Mapacho 02 resumen de las características técnicas de los generadores síncronos.</i> .....	148
<b>Tabla 4.19</b> <i>MCH de Mapacho 02 selección de la turbina más óptima grupo 01.</i> .....	150
<b>Tabla 4.20</b> <i>MCH de Mapacho 02 selección del rango de velocidades específicas grupo 01.</i> .....	151
<b>Tabla 4.21</b> <i>MCH de Mapacho 02 primera selección de generadores grupo 01.</i> .....	152
<b>Tabla 4.22</b> <i>MCH de Mapacho 02 característica técnica definitiva del grupo de generación turbina-generator grupo 01.</i> .....	154
<b>Tabla 4.23</b> <i>Ubicación política del proyecto.</i> .....	156
<b>Tabla 4.24</b> <i>Ubicación geografía central hidroeléctrica Salcca 01</i> .....	157
<b>Tabla 4.25</b> <i>Historial de caudales medios mensuales – anuales Minicentral Hidroeléctrica de Salcca 01 y 02.</i> .....	159
<b>Tabla 4.26</b> <i>Casos de estudio.</i> .....	160
<b>Tabla 4.27</b> <i>MCH de Salcca 01 resumen de resultados escenario de caudales.</i> .....	163
<b>Tabla 4.28</b> <i>Historial de caudales medios mensuales.</i> .....	165
<b>Tabla 4.29</b> <i>Porcentaje de persistencia de caudales medios mensuales.</i> .....	166
<b>Tabla 4.30</b> <i>MCH de Salcca 01 resumen de resultados escenario de caudales.</i> .....	167
<b>Tabla 4.31</b> <i>MCH de Salcca 01 resumen de las características técnicas de los generadores síncronos.</i> .....	169

<b>Tabla 4.32</b> MCH de Salcca 01 selección de la turbina más óptima grupo 01. ....	171
<b>Tabla 4.33</b> MCH de Salcca 01 selección del rango de velocidades específicas grupo 01....	172
<b>Tabla 4.34</b> MCH de Salcca 01 Primera selección de generadores grupo 01. ....	173
<b>Tabla 4.35</b> MCH de Salcca 01 característica técnica definitiva del grupo de generación turbina-generator grupo 01.....	175
<b>Tabla 4.36</b> MCH de Salcca 02 resumen de resultados escenario de caudales. ....	179
<b>Tabla 4.37</b> Historial de caudales medios mensuales. ....	181
<b>Tabla 4.38</b> Porcentaje de persistencia de caudales medios mensuales. ....	182
<b>Tabla 4.39</b> MCH de Salcca 02 resumen de resultados escenario de caudales. ....	184
<b>Tabla 4.40</b> MCH de Salcca 02 resumen de las características técnicas de los generadores síncronos. ....	186
<b>Tabla 4.41</b> MCH de Salcca 02 selección de la turbina más óptima grupo 01. ....	187
<b>Tabla 4.42</b> MCH de Salcca 02 selección del rango de velocidades específicas grupo 01....	188
<b>Tabla 4.43</b> MCH de Salcca 02 Primera selección de generadores grupo 01. ....	189
<b>Tabla 4.44</b> MCH de Salcca 02 característica técnica definitiva del grupo de generación turbina-generator grupo 01.....	191
<b>Tabla 4.45</b> Ubicación política del proyecto. ....	193
<b>Tabla 4.46</b> Ubicación geografía central hidroeléctrica Chuyapi.....	193
<b>Tabla 4.47</b> Características de los generadores de la central hidroeléctrica Chuyapi. ....	197
<b>Tabla 4.48</b> Características del generador grupo 03 central hidroeléctrica Chuyapi. ....	197
<b>Tabla 4.49</b> Características del generador grupo 02 central hidroeléctrica Chuyapi. ....	198
<b>Tabla 4.50</b> Características del generador grupo 01 central hidroeléctrica Chuyapi. ....	199
<b>Tabla 4.51</b> Característica turbina grupo 01,02 y 03 central hidroeléctrica Chuyapi. ....	201
<b>Tabla 4.52</b> Historial de caudales medios mensuales – anuales. ....	203
<b>Tabla 4.53</b> Casos de estudio.....	204
<b>Tabla 4.54</b> Casos A resumen de resultados escenario de caudales. ....	207

<b>Tabla 4.55</b> Caso A resumen de resultados escenario de caudales. ....	209
<b>Tabla 4.56</b> Caso A resumen de las características técnicas de los generadores síncronos. ..	211
<b>Tabla 4.57</b> Caso A selección de la turbina más óptima grupo 01. ....	212
<b>Tabla 4.58</b> Caso A Selección del rango de velocidades específicas grupo 01. ....	213
<b>Tabla 4.59</b> Caso A Primera selección de generadores grupo 01. ....	214
<b>Tabla 4.60</b> Caso A Característica técnica definitiva del grupo de generación turbina- generador grupo 01. ....	217
<b>Tabla 4.61</b> Caso B resumen de resultados escenario de caudales. ....	220
<b>Tabla 4.62</b> Casos B resumen de resultados escenario de caudales. ....	222
<b>Tabla 4.63</b> Caso B resumen de las características técnicas de los generadores síncronos. ..	224
<b>Tabla 4.64</b> Caso B selección de la turbina más óptima grupo 01. ....	226
<b>Tabla 4.65</b> Caso B Selección del rango de velocidades específicas grupo 01. ....	226
<b>Tabla 4.66</b> Caso B Primera selección de generadores grupo 01. ....	228
<b>Tabla 4.67</b> Caso B Característica técnica definitiva del grupo de generación turbina- generador grupo 01. ....	231
<b>Tabla 5.1</b> Validación escenario de saltos grupo de generación 01. ....	233
<b>Tabla 5.2</b> Validación escenario de caudales grupo de generación 01. ....	234
<b>Tabla 5.3</b> Validación escenario de potencia turbina grupo de generación 01. ....	235
<b>Tabla 5.4</b> Validación escenario de características técnicas del generador grupo de generación 01. ..	237

## ÍNDICE DE ANEXOS.

<b>Anexo 1</b> Resultados obtenidos del Software Matlab - Estudio de Perfil Minicentral Hidroeléctrica de Mapacho 01.....	245
<b>Anexo 2</b> Resultados obtenidos del Software Matlab - Estudio de Perfil Minicentral Hidroeléctrica de Mapacho 02. ....	257
<b>Anexo 3</b> Resultados obtenidos del software Matlab - Estudio de Perfil Minicentral Hidroeléctrica de Salcca 01. ....	269
<b>Anexo 4</b> Resultados obtenidos del software Matlab - Estudio de Perfil Minicentral Hidroeléctrica de Salcca 02. ....	281
<b>Anexo 5</b> Resultados obtenidos del software Matlab caso A MCH de Chuyapi. ....	293
<b>Anexo 6</b> Resultados obtenidos del software Matlab caso B MCH de Chuyapi. ....	305
<b>Anexo 7</b> Características técnicas grupo de generación Chuyapi. ....	317
<b>Anexo 8</b> Tabla de mediciones por el método del flotador rio Chuyapi.....	320
<b>Anexo 9</b> Fotografías tomadas en la mini central Hidroeléctrica Chuyapi.....	322
<b>Anexo 10</b> Algoritmo de programación en Matlab.....	325

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

UTM	:	Universal transversal Mercator.
COES	:	Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional.
OSINERGMIN:		Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.
ELSE	:	Electro Sur Este S.A.A
PIP	:	Proyecto de inversión pública.
MCH	:	Mini central hidroeléctrica
Hb	:	Salto o altura bruta.
Hu	:	Salto o altura útil.
Hn	:	Salto o altura neta.
Hp	:	Perdida de carga.
ANA	:	Autoridad Nacional del Agua.
CCCs	:	Cuenca a captar por unidad de precipitación anual.
RPM	:	Revoluciones por minuto.
ISO	:	Organización internacional de estandarización.
IDEA	:	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
INEA	:	Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente.
CC	:	Corriente continua.
CA	:	Corriente alterna.
PF	:	Factor de potencia.
EIA	:	Evaluación del impacto ambiental.
M.C.H TIPO 1:		Mini central Hidroeléctrica de agua fluyente.

Hliqf	:	altura líquida final.
Qd	:	Caudal de diseño.
Vcf	:	Caudal final del proyecto por turbina.
Pft	:	Potencia final de la turbina.
Pg	:	Potencia del generador síncrono.
95%QdG1	:	Caudal de diseño al 95% de persistencia para grupo 1.
Nt	:	rendimiento de la turbina.
MINEM	:	Ministerio de Energía y Minas.
DGE	:	Dirección General de Electricidad

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1. Introducción.

La presente tesis plantea un método para seleccionar el grupo de generación turbina – generador de minicentrales hidroeléctricas en la Región Cusco mediante el uso del software Matlab, en base a los siguientes parámetros hidráulicos:

#### **Datos de entrada:**

1. Altura o salto bruto.
2. Caudal hidrológico
3. Porcentaje del caudal ecológico.
4. Peso específico del agua.

#### **Datos de salida:**

1. El tipo de turbina hidráulica, la potencia, así como la velocidad específica.
2. Las características técnicas del generador síncrono tales como:
  - Potencia del generador
  - Numero de polos
  - Velocidad síncrona
  - Frecuencia

- Tensión nominal de generación

En vista a la existencia de diferentes tipos de minicentrales hidroeléctricas, nuestra idea para la selección más adecuada del generador y la turbina se centra en el tipo de agua fluyente (naturaleza de la Región del Cusco) y y que cumplan o dispongan ciertas características como los considerados en las cuatro posibles minicentrales hidroeléctricas identificadas como referenciales Minicentrales hidroeléctricas Mapacho I, II, Salcca I, II.

Finalmente, teniendo como resultado que nuestro método propuesto es capaz de seleccionar el generador y la turbina de manera eficiente (el más adecuado), y en el menor tiempo posible (Eficaz) a partir de los cuatro escenarios propuestos e implementados en códigos script dentro del entorno Matlab, de manera tal que nos pregunta los datos de entrada y nos arroja los datos de salida o las características técnicas más adecuadas del generador eléctrico, así como la turbina a utilizar; asimismo. Esta idea es aplicada a la minicentral hidroeléctrica de Chuyapi con el fin de validar los resultados obtenidos. Siendo estas el aporte como tesis.

## **1.2. Ubicación geográfica.**

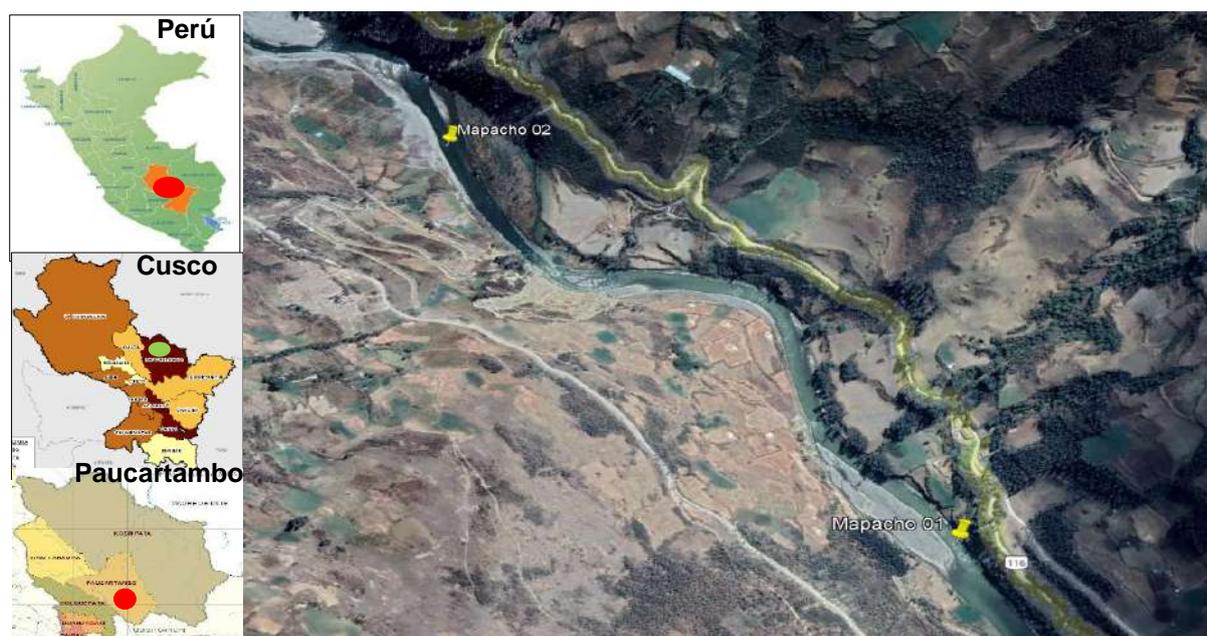
La propuesta de tesis es aplicada en la mini central hidroeléctrica de Mapacho cuya ubicación geográfica se muestra en tabla 1.1 y la figura 1.1:

**Tabla 1.1** Ubicación geográfica para la aplicación de la tesis.

Características	Departamento	Provincia	Distrito	Altitud (msnm)
Minicentral				2956 –
Hidroeléctrica de Mapacho I y II	Cusco	Paucartambo	Paucartambo	2994
<b>Coordenadas Geográficas</b>				
	Latitud sur	13°21'35"S		
	Longitud oeste	77°33'24"O		
<b>Coordenadas UTM</b>				
	Este	223072.00E		
	Norte	8521646.0N		

*Nota:* Coordenadas geográficas expresadas en longitud y latitud, mientras que las UTM en m.

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 1.1** Ubicación a nivel nacional, provincial y distrital para la aplicación del método propuesto.

*Fuente:* Google Maps.

La propuesta de tesis es aplicada en la mini central hidroeléctrica de Salcca cuya ubicación geográfica se muestra en tabla 1.2 y la figura 1.2:

**Tabla 1.2**

*Ubicación geográfica para la aplicación de la tesis.*

<b>Características</b>	<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
Minicentral Hidroeléctrica de Salcca	Cusco	Canchis	Combapata	3474 – 3492
<b>Coordenadas Geográficas</b>				
		Latitud sur	14°5'21.98"S	
		Longitud oeste	77°23'44.08"O	
<b>Coordenadas UTM</b>				
		Este	241333.00E	
		Norte	8441065.0N	

*Nota:* Coordenadas geográficas expresadas en longitud y latitud, mientras que las UTM en m.

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 1.2**

*Ubicación a nivel nacional, provincial y distrital para la aplicación del método propuesto.*



*Fuente:* Google Maps.

La propuesta de tesis es aplicada en la mini central hidroeléctrica de Chuyapi perteneciente a ELSE cuya ubicación geográfica se muestra en tabla 1.3 y la figura 1.3:

**Tabla 1.3**

*Ubicación geográfica para la aplicación de la tesis.*

<b>Características</b>	<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Distrito</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
Minicentral Hidroeléctrica de Chuyapi	Cusco	La Convención	Santa Ana	980 – 1065
<b>Coordenadas Geográficas</b>				

---

Latitud sur 12°52'1.54"S

Longitud oeste 72°41'58.38"O

---

### Coordenadas UTM

---

Este 748644.00E

Norte 8575378.0N

---

*Nota:* Coordenadas geográficas expresadas en longitud y latitud, mientras que las UTM en m.

*Fuente:* Elaboración propia.

### Figura 1.3

*Ubicación a nivel nacional, provincial y distrital para la aplicación del método propuesto.*



*Fuente:* Google Maps.

### **1.3. El problema.**

#### ***1.3.1. Planteamiento del problema.***

Actualmente, según el último reporte emitido de las cifras preliminares al mes de julio 2024 por el COES (Boletín julio 2024), la producción total de la energía eléctrica en el ámbito nacional fue de 4,981.20 GWh, generando un incremento del 3.40 % respecto al mismo mes del 2023 por lo que alegamos que las demandas máximas cada vez tienen pendientes positivas.

Todo esto conlleva necesariamente a generar energía eléctrica que incluya diferentes alternativas de generación eléctrica y siendo una de estas las minicentrales hidroeléctricas de agua fluyente o de tipo 1 ya sea como generación aislada o distribuida.

Y siendo de mucho interés que las entidades públicas, de inversión privada y demás instituciones opten por el diseño y la elaboración del proyecto de inversión (PIP), a nivel definitivo y que incluya su ejecución con eficiencia, de la manera más adecuada posible y rápida a partir de los cuatro escenarios analíticos y disponibles (tabla 1.4), por lo que deberán cumplir ciertas características o requisitos (tabla 1.5). Naturalmente es ahí donde surge la propuesta de un método para la selección más adecuada del grupo de generación turbina-generator sobre el entorno Matlab y siendo esta; una de las muchas herramientas de la ingeniería de diseño en minicentrales hidroeléctricas de agua fluyente y que pertenece al diseño electromecánico fuera del diseño de las obras civiles, los estudios hidrológicos, cartografía, impacto ambiental, etc.

**Tabla 1.4**

*Consideraciones para la selección óptima del grupo de generación turbina – generador.*

<b>Escenarios</b>	<b>Descripción</b>
01	Salto o altura (que precise una altura óptima a partir de la altura neta o altura bruta), o escenario del salto.
02	Caudal (que precise un caudal óptimo a partir del caudal de diseño, cabe precisar que el caudal óptimo considera a su vez el caudal ecológico), peso específico del agua o escenario del caudal,
03	Diagrama de curva de caudales para su selección Potencia de la turbina hidráulica (que precise la potencia óptima), o escenario de la potencia de turbina.
04	Tipo de turbina (para finalmente seleccionar el grupo más óptimo para la MCH), o escenario de la característica técnica del generador.

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 1.5**

*Características a cumplir para la selección óptima del generador síncrono.*

<b>Ítems</b>	<b>Descripción</b>
01	Que se considere la selección del generador síncrono o de inducción.
02	Que proporcione la velocidad síncrona de operación.
03	Que proporcione las características más relevantes del generador síncrono.
04	Que disponga de un generador y su dimensionamiento.
05	Que disponga de hidrogramas de caudales mensuales y anuales o historiales de caudales medios anuales.

*Fuente:* Elaboración propia.

Así mismo; en la selección del grupo de generación siempre persiste la preocupación, duda por parte de los consultores, estudiantes, etc. que desean empezar a comprender la especialidad debido a que las diferentes bibliografías existentes como libros, textos, revistas, artículos, tesis, etc. Están dispersas y a veces confusas con definiciones en base textual mas no de diseño técnico propiamente dicho tales como:

- Por un lado; la escasa o poca información que se tiene y considerados como libros antiguos. La selección del generador se realiza a partir de la potencia instalada y designada como potencia nominal que aplica a centrales mayores a 5 MVA, la pregunta es: ¿Cómo se obtiene de manera detallada el caudal óptimo que incluya o describa el caudal ecológico a partir de un historial o hidrograma mensual, anual, etc., que considere épocas de avenida o estiaje? Un ejemplo es (**Zoppetti Juddez, 1979**)
- Por otro lado; se tiene informaciones dispersas y confusas, ejemplificando (**Electrobras, 2000**), en su publicación titulada como “Directrices para la Construcción de pequeñas Centrales Hidroeléctricas” que la selección del generador síncrono se hace a partir de la potencia de la turbina, además menciona utilizar un factor de potencia entre 0.8 a 0.9 con eficiencia mayor al 96% , tampoco detalla un análisis del historial de caudales disponibles y como obtener el óptimo a partir de dicha data.
- Así como: (**ESHA, 2016**); Considera como caudal de diseño al caudal con el 95% de persistencia, en cuanto al caudal ecológico menciona textualmente que depende del país donde sea aplicado el estudio hídrico. Sin embargo; hay Consultores de proyectos eléctricos a nivel del Perú, que optan por un caudal al 75% de persistencia, otros al 80% de persistencia, etc., es ahí donde surge nuestra duda y la

pregunta: ¿Qué porcentaje de persistencia será la mejor opción a utilizar para la selección óptima del generador eléctrico?

- Entre otros; se tiene a **(Coz, 1995)**; titulado “Manual de Mini y Micro centrales Hidroeléctricas” y en cuanto a la selección de generador tan solo detalla textualmente cuales serían los posibles criterios sin mencionar que estos implican de un buen estudio hídrico.

Dicho todo esto consideramos que hace falta proponer un método de cálculos justificativos, de manera teórica - técnica sustentable y que mejor que implique elaborar algún algoritmo dentro del código script del software que tenga una plataforma de programación, cálculo numérico, análisis de datos, análisis iterativo y desarrollo de algoritmos como el caso del Matlab y que a partir de los datos de entrada considerados nos pueda calcular y reportar un resultado de manera automatizada con las características de la turbina y las características eléctricas y técnicas del generador ya que esto nos facilitaría ser más eficientes en optimizar el tiempo de cálculo (rápido) como justificación en la selección más adecuada del generador síncrono propia mente dicho.

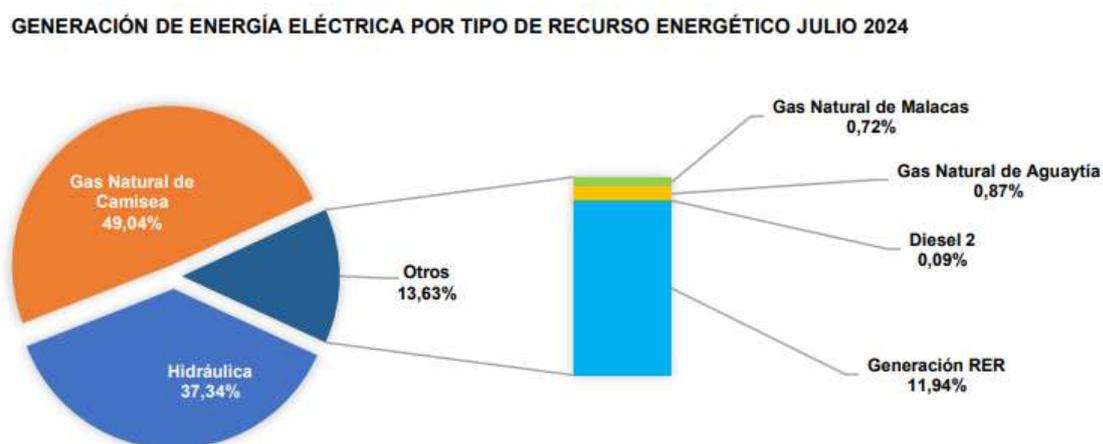
Por lo tanto, a manera de validar por decirlo así nuestro método propuesto, se considera aplicar en cuatro minicentrales cuyo historial hídrico se ha validado y son potenciales minicentrales hidroeléctricas estas son Mapacho I, II y Salcca I , II y una minicentral hidroeléctrica ya existente como el caso de Chuyapi – Cusco y así demostrar que efectivamente es viable y/o confiable los resultados obtenidos mediante el uso del software Matlab “Selección del grupo de generación hidroeléctrica turbina-generador”.

Finalmente, podríamos alegar que si se analiza en la minicentral hidroeléctrica de Chuyapi que actualmente funciona como central de base, con futuros estudios y aplicando el método de la tesis para su repotenciación, esta podría funcionar y afianzar más la generación distribuida, una central que inyecta energía durante las 24 horas a la red de media tensión que

actualmente se interconecta, los beneficios de esta generación son muchos, tales como: el aumento en términos de la confiabilidad eléctrica reduciendo el número de las interrupciones en cuanto a la frecuencia y duración, la reducción de las pérdidas técnicas; por ende, disminuir los gastos de operación y mantenimiento, evitar penalizaciones futuras por la empresa supervisora OSINERGMIN; esta por la mala calidad de energía suministrada como las caídas de tensiones en cola, incremento de la cobertura eléctrica, etc. En vista que este tipo de generaciones son amigables con el medio ambiente, evitan la emisión de gases tóxicos como la generación térmica, y por ende evitar el deterioro de la capa de ozono, evitar el calentamiento global y el efecto invernadero, por lo cual se sobrentiende que mejoramos a nivel técnico, económico y a nivel medioambiental propiamente dicho, según COES (2002) la producción de energía por tipo de centrales es (figura 1.4).

**Figura 1.4**

*Participación de la producción de energía.*



*Fuente:* Portal COES.

Cabe mencionar que, la predominante es la termoeléctrica a gas, el mismo que es un insumo no renovable, por lo cual hace falta proponer proyectos de ingeniería en centrales que sean amigables con el medio ambiente y que mejor con minicentrales hidroeléctricas de base y como generación distribuida.

### **1.3.2. Formulación del problema**

#### **1.3.2.1. Problema general**

¿Será posible la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador con la asistencia del software Matlab para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco y obtener los resultados de manera automatizada?

#### **1.3.2.2. Problemas específicos**

1. ¿A partir de los datos de entrada considerados que incluya ciertas características o requisitos es posible la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco?

2. ¿Será posible elaborar un código script en el Matlab a partir de un algoritmo para automatizar la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para en minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco?

3. ¿Será posible validar los resultados obtenidos a partir del código script elaborado en Matlab para la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco?

### **1.4. Objetivos.**

#### **1.4.1. Objetivo general.**

Seleccionar el grupo de generación turbina – generador con la asistencia del software Matlab para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco.

### ***1.4.2. Objetivos específicos.***

1. Evaluar los datos de entrada considerados que incluya ciertas características o requisitos para la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco.

2. Elaborar un código script en el Matlab a partir de un algoritmo para automatizar la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco.

3. Validar los resultados obtenidos a partir del código script elaborado en Matlab para la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco.

## **1.5. Justificación de la tesis.**

### ***1.5.1. Técnica.***

Nuestra tesis se considera muy importante porque incluye una nueva contribución al campo de la investigación, ya que permite obtener un resultado de manera automatizada previa elaboración del código en el script del Matlab de manera didáctica con las características eléctricas y técnicas del generador síncrono así como de la turbina ya que esto nos facilita ser más eficientes en optimizar el tiempo de cálculo (rápido) a partir de los escenarios de la altura, caudal, potencia de la turbina y las características técnicas del generador síncrono. Por lo que es una ayuda hacia las consultorías de proyectos eléctricos, estudiantes universitarios que quieran incursionar en la especialidad para una mejor comprensión teórica - técnica sustentable.

Desarrollo de esta justificación según (TES, 2020)

### ***1.5.2. Económica.***

Al ser automatizada la propuesta del método para la selección más adecuada del grupo de generación turbina - generador síncrono, permite reducir tiempos en los cálculos y por ende menos gastos para las empresas consultoras en proyectos hidroeléctricos ya que estas tienen la oportunidad de establecer criterios correctivos y permitan el control de sus activos circulantes para sus mejores beneficios económicos y su posterior adquisición del generador en los mercados eléctricos.

Desarrollo de esta justificación según (TES, 2020)

### ***1.5.3. Por conveniencia.***

La idea de la tesis se considera conveniente porque es útil y responde a la pregunta ¿para qué sirve? Por ello, la forma de enseñanza y aprendizaje permite desarrollar mejor la investigación en la selección más adecuada del grupo de generación turbina - generador síncrono previa elaboración del código script en el Matlab partiendo de cuatro escenarios distintos y a su vez disponibles. Así conducimos a un mayor progreso o grado de conocimiento en las humanidades.

Desarrollo de esta justificación según (TES, 2020)

### ***1.5.4. Utilidad metodológica.***

Ya que la idea de la tesis evalúa y propone el desarrollo de un método o estrategia para la selección más adecuada del grupo de generación a partir de cuatro escenarios descritos en los ítems anteriores previa validación, con resultados confiables y con utilidad metodológica.

Desarrollo de esta justificación según (TES, 2020)

### ***1.5.5. Social.***

Considerando que en la Región del Cusco existe una brecha respecto al suministro de energía eléctrica el cual es más agudo en el sector rural, nuestra propuesta considera su

aplicación en la generación mediante minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco, por lo cual aporta para el cierre de brecha en suministro de energía.

#### **1.5.6. Académica.**

La propuesta de tesis aporta la selección del grupo de generación turbina generador asistido por el software Matlab el cual podrá ser utilizado por los estudiantes que incursionen en proyectos de minicentrales hidroeléctricas, el cual puede ser complementado y adicionar mayores cálculos en su programación.

#### **1.6. Alcances de la tesis.**

Para alcanzar tanto nuestro objetivo general como los específicos, requiere:

- Evaluar los **datos de entrada** tales como:
  - ✓ **Salto o altura** (que precise una altura optima a partir de la altura neta o altura bruta).
  - ✓ **Caudal** (que precise un caudal óptimo a partir del caudal de diseño, cabe precisar que el caudal óptimo considera a su vez el caudal ecológico).
  - ✓ **Caudal ecológico** (considerando el porcentaje del caudal ecológico según el desarrollo del marco teórico)
  - ✓ **Peso específico del agua** ( en  $\text{kN/m}^3$ , para obtener la potencia de la turbina en KW)
- Evaluar los **datos de salida** tales como:
  - ✓ **La potencia de la turbina hidráulica** (que precise la potencia óptima).
  - ✓ **Las características eléctricas del generador síncrono** (para finalmente seleccionar el generador más óptimo para la MCH).
- Evaluar los requisitos para la selección más adecuada del grupo generador:

- ✓ **Requisito 01:** que se considere una MCH de agua fluyente (MCH Tipo 1).
  - ✓ **Requisito 02:** que proporcione una altura neta o bruta (llamado también salto neto o bruto).
  - ✓ **Requisito 03:** que proporcione un caudal diseño sin la consideración del caudal ecológico en su dimensionamiento.
  - ✓ **Requisito 04:** que disponga de un generador síncrono en su dimensionamiento.
  - ✓ **Requisito 05:** que disponga de hidrogramas de caudales mensuales y anuales o historiales de caudales medios anuales.
- El desarrollo de la teoría sólida partir de la información dispersa y confusa.
    - ✓ Teoría referida a los cuatro escenarios.
    - ✓ Desarrollo del método propuesto para la selección óptima del generador síncrono.
  - El desarrollo de la teoría en cuanto al lenguaje de programación del Matlab.
    - ✓ Entendimiento de las ventanas de comando del Matlab.
    - ✓ Entendimiento de las funciones básicas de programación.
    - ✓ Desarrollo de los códigos Script.
    - ✓ Simulación o corrida del lenguaje de programación elaborado.
  - Aplicación del método.
    - ✓ En cuatro minicentrales hidroeléctricas potenciales de agua fluyente y una existentes en la provincia de la Convención.
  - Finalmente, la validación de resultados.
    - ✓ Escenario de alturas, caudales, potencia de la turbina y características técnicas del generador.

## 1.7. Limitaciones de la tesis.

- La idea de la tesis involucra solo a una de las tantas partidas existentes para la elaboración de proyectos hidrológicos como es el caso de la selección más adecuada del grupo de generación turbina – generador de polos salientes (que se encuentra dentro de las obras electromecánicas), el cual no contempla otro tipo de generador eléctrico.
- Por ser netamente interactivo y de complejidad en cuanto al lenguaje de programación, la idea propone la corrida del método en el mismo entorno del Matlab (que como inicio pregunte los parámetros necesarios a completar y posterior a ello arroje los resultados).
- Por lo que no incluye un software con extensión .exe o comúnmente llamado aplicativo.
- Con respecto al tipo de polos del generador estas se consideran de polos salientes debido a que las velocidades síncronas son relativamente lentas como las turbinas hidráulicas. (cabe mencionar los polos lisos son relativamente rápidos y utilizados en termo hidroeléctricas).
- No se abordan otros factores de selección como son: factores aleatorios como son el aspecto económico financiero, la operación y mantenimiento, las dimensiones estructurales, los tiempos de entrega, las pruebas de fábrica y de campo y la garantía del fabricante entre otros.

## **1.8. Variables.**

En el presente trabajo de investigación se consideran categorías temáticas debido a que estas dependen de nuestra capacidad interpretativa, dicho de otra manera, la interpretación es subjetiva, estas son:

### **1. Variables Independientes**

Selección del grupo de generación turbina – generador

- Dimensiones

Parámetros hidráulicos

- Indicadores
  - Salto o altura
  - Caudal
  - Porcentaje del caudal ecológico
  - Peso específico del agua.

## 2. Variables Dependientes

Asistencia del software MATLAB

- Dimensiones
  - Código script
- Indicadores
  - Potencia de la turbina hidráulica
  - Características técnicas del generador síncrono

### **1.8.1. Operacionalización de variables.**

**Tabla 1.6**

*Tabla de operacionalización de variables.*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Instrumento</b>
INDEPENDIENTE “Selección del grupo de generación turbina – generador”	Según Ivancevich (2004), La selección es el proceso mediante el cual las personas eligen en función de ciertos criterios.	Elegir cosas, personas, alternativas de soluciones, etc que reúnen las mejores características frente a los demás.	Parámetros hidráulicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salto o altura</li> <li>• Caudal</li> <li>• Porcentaje del caudal ecológico</li> <li>• Peso específico del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• m</li> <li>• m<sup>3</sup>/s</li> <li>• %</li> <li>• kN/m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas directas</li> <li>• Guía de análisis documental</li> </ul>
DEPENDIENTE “Asistencia del software MATLAB”	Según Castro (2023), La asistencia lo define como un apoyo para organizar algo que carece de dichas capacidades.	Estos son servicios (en este caso relacionados con software) que apoyan a una mejor organización.	Código script	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de turbina hidráulica</li> <li>• Potencia de la turbina</li> <li>• Características técnicas del generador síncrono</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kW</li> <li>• kW, RPM, fp, %, n, Vn, Hz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía de análisis documental</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración propia.

## **1.9. La hipótesis**

### **1.9.1. Hipótesis general**

“La aplicación de un software Matlab con código script permiten una selección adecuada del grupo de generación eléctrica turbina-generator de las minicentrales hidroeléctricas en la Región Cusco”

### **1.9.2. Hipótesis específicas**

Hipótesis específica 1.- “Los datos de entrada que incluyan características o requisitos específicos de caudal, salto, eficiencias y otros aplicados al software Matlab posibilitan una adecuada selección del grupo de generación eléctrica turbina-generator de las minicentrales hidroeléctricas en la Región Cusco”

Hipótesis específica 2.- “La elaboración del código script para el algoritmo del software Matlab posibilita automatizar la adecuada selección del grupo de generación eléctrica turbina-generator de las minicentrales hidroeléctricas en la Región Cusco”

Hipótesis específica 3.- “El código script elaborado para para el algoritmo del software Matlab es validado en los resultados obtenidos en la adecuada selección del grupo de generación eléctrica turbina-generator de las minicentrales hidroeléctricas en la Región Cusco”

## **1.10. Metodología.**

### ***1.10.1. Tipo de investigación***

Teniendo el propósito por el cual se quiere lograr con la tesis, dicho trabajo es de tipo aplicada, dando paso a la solución del problema según descrita en el planteamiento del presente trabajo.

### ***1.10.2. Diseño de investigación***

Tiene un diseño no experimental – transversal.

Cabe mencionar que el diseño esta estrictamente relacionado con el camino, así como las diferentes informaciones que se requiere y que nos permita cumplir con los objetivos y las conclusiones.

### ***1.10.3. Método de investigación***

Para formular las conclusiones se empleó el método hipotético y deductivo.

### ***1.10.4. Nivel de investigación***

La tesis tiene un nivel descriptivo, siendo esta la profundidad con lo que se describe las componentes de generación hidroeléctrica del tema de la tesis.

Es también explicativa porque presenta la causalidad del problema, es decir para la selección del grupo generador será necesario diseñar un programa en lenguaje Matlab que permita lograr el efecto de selección del grupo de generación Turbina-generator.

### ***1.10.5. Enfoque de investigación***

La recopilación, así como el análisis de datos son a nivel numérico por lo que es de enfoque cuantitativo.

### ***1.10.6. Población y muestra.***

La población serían todas las minicentrales potenciales en la Región Cusco.

Para la selección de la muestra, se utiliza el muestreo por conveniencia, siendo una técnica de muestreo no probabilístico y no aleatorio utilizada para crear muestras de acuerdo a la facilidad de acceso y que cumplan ciertos requisitos, como muestra por conveniencia se seleccionó cuatro minicentrales potenciales como son: Mapacho I, II y Salcca I , II y adicionalmente una minicentral hidroeléctrica de Chuyapi.

### ***1.10.7. Técnicas de recolección de información.***

- La entrevista y su instrumento el cuestionario
- El análisis documental y su instrumento la ficha documental

#### ***1.10.8. Instrumentos utilizados para la recolección de información***

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Preguntas directas.
- Guía o ficha de análisis documental.

#### ***1.10.9. Herramientas para el procesamiento de datos.***

Se utilizan los siguientes softwares como herramientas:

- Microsoft Office 365 (Word, Excel, Power Point).
- Matlab versión R2021a

#### ***1.10.10. Tratamiento de datos.***

Se incluye actividades relacionadas con la clasificación, selección, recopilación, recepción, organización, recuperación, almacenamiento y presentación de información en forma de tablas, gráficos, diagramas, esquemas y código script en el Matlab.

#### ***1.10.11. Análisis de datos.***

Una vez recopilado los datos de primera mano, utilizamos el conocimiento de ingeniería basados en la información para sacar conclusiones apropiadas sobre nuestras contribuciones a la presente tesis.

#### ***1.10.12. Matriz de consistencia.***

Se muestra en la tabla 1.7:

Tabla 1.7 Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA “SELECCIÓN DEL GRUPO DE GENERACIÓN TURBINA-GENERADOR CON LA ASISTENCIA DEL SOFTWARE MATLAB PARA MICNICENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE LA REGIÓN CUSCO”					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	CONCLUSIONES
GENERAL	GENERAL	GENERAL			GENERAL
<p>¿Será posible la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador con la asistencia del software Matlab para micicentrales hidroeléctricas en la región Cusco y obtener los resultados de manera automatizada?</p>	<p>Seleccionar el grupo de generación turbina – generador con la asistencia del software Matlab para micicentrales hidroeléctricas en la región Cusco.</p>	<p>“La aplicación de un software Matlab con código script permiten una selección adecuada del grupo de generación eléctrica turbina-generador de las micicentrales hidroeléctricas en la Región Cusco”</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> “Selección del grupo de generación turbina – generador”</p> <p><b>INDICADORES</b> •Salto o altura •Caudal •Porcentaje del caudal ecológico •Peso específico del agua</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada <b>Nivel de la investigación:</b> Descriptiva y explicativa <b>Diseño de la investigación:</b> No experimental y transversal <b>Enfoque de la investigación:</b> Cuantitativo <b>Población y muestra:</b> Micicentrales Hidroeléctricas potenciales en la Región Cusco Micicentrales hidroeléctricas Mapacho I, II y Salcca I, II y la micicentral hidroeléctrica de Chuyapi.</p>	<p>Se implemento la propuesta con la asistencia del método de selección del grupo de generación turbina – generador en el software Matlab para micicentrales hidroeléctricas en la región Cusco, aplicado a los proyectos para la MCH de Mapacho 01 dando como resultado 412.4675 kW y 401.4684 kW en cuanto a la potencia de la turbina y el generador respectivamente y para la MCH de Mapacho 02 se tienen de 349.9724 kW y 340.6398kW en cuanto a la potencia de la turbina y el generador respectivamente, así mismo para los proyectos de la MCH de Salcca 01 se tienen de 478.4228 kW y 465.6648kW en cuanto a la potencia de la turbina y el generador respectivamente y para la MCH de Salcca 02 se tienen de 401.8751 kW y 391.1584kW en cuanto a la potencia de la turbina y el generador respectivamente, así mismo se constata los resultados obtenidos con la Micicentral Hidroeléctrica de Chuyapi. Esta a su vez ha sido desarrollada para un salto bruto y neto de 50.00 m y 46.00 m respectivamente y a un caudal turbinable de 1.36 m<sup>3</sup>/s, y como resultado para el caso A se tienen de 544.7936 kW y 530.2657kW en cuanto a la potencia de la turbina y el generador respectivamente; para el caso B se tiene una potencia de la turbina de 564.9272 kW y la potencia del generador de 549.8625 kW, obteniendo errores relativos para escenario de saltos = 98.15%, escenario de caudales = 83.33%, escenario de potencia turbina = 98.16% y el escenario de características técnicas del generador = 96.69% considerando según alfa de Cronbach buena.</p>
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS			ESPECÍFICOS
<p>1. ¿A partir de los datos de entrada considerados que incluya ciertas características o requisitos es posible la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para micicentrales hidroeléctricas en la región Cusco? 2. ¿Será posible elaborar un código script en el Matlab a partir de un algoritmo para automatizar la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para micicentrales hidroeléctricas en la región Cusco? 3. ¿Será posible validar los resultados obtenidos a partir del código script elaborado en Matlab para la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para micicentrales hidroeléctricas en la región Cusco?</p>	<p>1. Evaluar los datos de entrada considerados que incluya ciertas características o requisitos para la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para micicentrales hidroeléctricas en la región Cusco 2. Elaborar un código script en el Matlab a partir de un algoritmo para automatizar la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para micicentrales hidroeléctricas en la región Cusco. 3. Validar los resultados obtenidos a partir del código script elaborado en Matlab para la selección adecuada del grupo de generación turbina – generador para micicentrales hídricas en la región Cusco.</p>	<p>1.- “Los datos de entrada que incluyan características o requisitos específicos de caudal, salto, eficiencias y otros aplicados al software Matlab posibilitan una adecuada selección del grupo de generación eléctrica turbina-generador de las micicentrales hidroeléctricas en la Región Cusco” 2.- “La elaboración del código script para el algoritmo del software Matlab posibilita automatizar la adecuada selección del grupo de generación eléctrica turbina-generador de las micicentrales hidroeléctricas en la Región Cusco” 3.- “El código script elaborado para para el algoritmo del software Matlab es validado en los resultados obtenidos en la adecuada selección del grupo de generación eléctrica turbina-generador de las micicentrales hidroeléctricas en la Región Cusco”</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> “Asistencia del software MATLAB”</p> <p><b>INDICADORES</b> •Tipo de turbina hidráulica •Potencia de la turbina •Características técnicas del generador síncrono.</p>	<p><b>Técnicas de recolección de datos:</b> • La entrevista y su instrumento el cuestionario • El análisis documental y su instrumento la ficha documental <b>Procesamiento de datos</b> • Microsoft Office 365 (Word, Excel, Power Point). • Matlab versión R2021a</p>	<p>1.- Se evaluaron los datos de entrada a partir de ciertas características o requisitos se optimiza el salto neto o bruto hasta un salto o altura líquida final o meta, en el escenario del caudal, se optimiza el caudal de diseño hasta el caudal final del proyecto por turbina considerando el caudal ecológico que permite mantener y conservar el medio ambiente, el escenario de la potencia de turbina, optimizando la potencia de ello hasta alcanzar hasta la potencia final de la turbina así como el escenario de las características técnicas del generador los cuales en conjunto define el generador más adecuado para micicentrales hidroeléctricas en la región Cusco. 2.- Se elaboro el código script en el entorno del Matlab a partir de un algoritmo (esquema y flujograma) automatizando así la selección adecuada del grupo de generación turbina - generador síncrono para micicentrales hidroeléctricas en la región Cusco. 3.- Se validaron los resultados obtenidos por el método implementado en el código script elaborada en el entorno Matlab comparando dichos resultados con los existentes en la mini central hidroeléctrica de Chuyapi para los 4 escenarios desarrollados.</p>

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

#### 2.1. Antecedentes (estados de arte).

Con base referencial en la información encontrada con respecto a la idea de nuestro plan de tesis:

##### 2.1.1. Nacionales

- Sarmiento Jurado & Martin Ernesto (2006). Proyecto de generador síncrono para pequeñas centrales eléctricas (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Ingeniería.

Resumen:

Objetivo: Estudiantes de posgrado desarrollan un método computacional para diseñar pequeños generadores síncronos trifásicos que ayuda a determinar las dimensiones básicas de una planta mecánica, como su geometría y la disposición de las placas y devanados del estator y rotor, así como a obtener propiedades electromecánicas, funcionamiento y comportamiento térmico. Método de investigación: Se realizó una investigación descriptiva. Muestra: generadores eléctricos para minicentrales hidroeléctricas. Resultados o conclusiones:

Según (Sarmiento Jurado & Martin Ernesto, 2006). A partir de una metodología que ellos proponen, logran el cálculo de diseño del generador síncrono determinado sus dimensiones del rotor, estator, etc.

- Rojas Ramos & Carlos Eduardo (2021). Diseño en Matlab de un generador distribuido para suministrar energía eléctrica a una red de distribución (Tesis de pregrado), Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.

Resumen:

Objetivo: Diseñar un generador distribuido en Matlab para proporcionar electricidad a la red de distribución y controlar adecuadamente el funcionamiento del sistema de excitación, niveles de tensión en régimen permanente y sus variaciones con la desconexión repentina y sus análisis de la red eléctrica con la desconexión y demás escenarios de flujo de potencia. Metodología: se realizó una investigación del tipo descriptivo. La muestra: generador síncrono de 5MVA. Resultados o conclusiones:

Según (Rojas Ramos & Carlos Eduardo, 2021). Logran dimensionar el generador síncrono distribuido en el software Matlab utilizando diagrama de bloques en el Simulink y algunos códigos de programación en script del Matlab, logrando obtener resultados en cuanto a los perfiles de tensión y sus variaciones ante la desconexión de ella respecto al sistema eléctrico, así mismo, evaluó el rendimiento del sistema de excitación en diferentes escenarios, como el deslastre de carga, utilizando la biblioteca SimPowerSystems de Simscape..

- Zuloeta Bonilla & Rosa Elena (2012). Diseño de un grupo hidroenergético con una turbina Michell-Banki de 40 kW, (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú.

Resumen:

Objetivo: Implementación del algoritmo para seleccionar los elementos principales de la turbina Michell Bank en Matlab siendo los datos de entrada el número de palas y la potencia mecánica. Método de investigación: Se realizó una investigación descriptiva. Modelo: Turbina Michell Banki de 40 kW. Resultados o conclusiones:

Según (Zuloeta Bonilla & Rosa Elena, 2012). Logaron dimensionar el rotor, el inyector, las velocidades del chorro y las características nominales de la turbina como caudal, salto y velocidad de rotación, así como la selección adecuada del generador en el software Matlab.

- Huayllapuma & Mendoza (2014). Proyecto de factibilidad de la Minicentral Hidroeléctrica Maniri (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Resumen:

Objetivo: Elaboración de un estudio de factibilidad de la mini central hidroeléctrica Maniri como alternativa para el desarrollo del área Kamanti-Quinsemil. Método de investigación: Se realizó una investigación descriptiva. Resultados o conclusiones:

Según (Huayllapuma & Mendoza, 2014). Rojas Ramos & Carlos Eduardo, 2021). A partir de la estimación de los caudales máximos y mínimos como resultado del empleo del método del balance hidrológico y el método y la comparación de cuencas lograron dimensionar tanto las obras civiles y el equipamiento electromecánico y que en esta incluye la selección del generador considerando el salto y el caudal de diseño.

- Lizarzaburu Ricalde (2018). Análisis del uso de la tecnología BIM en la construcción de la Central Hidroeléctrica Carhuac, generación de modelos y gestión de la información (Tesis de pregrado), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Resumen:

Objetivo: Determinar la rentabilidad del proyecto de la central hidroeléctrica Carhuac e implementar el método BIM en la construcción de la central hidroeléctrica. Metodología: se realizó una investigación del tipo explicativo. Resultados o conclusiones:

Según (Lizarzaburu Ricalde, 2018). El modelado de componentes le permite identificar visualmente problemas, conflictos e interrupciones que ocurren durante la fase de ejecución al emplear la tecnología BIM. Por lo tanto, el uso para el análisis final demostró la posibilidad de utilizar la tecnología BIM como herramienta para gestionar la construcción de centrales hidroeléctricas.

### 2.1.2. Internacionales

- Gordón Gallegos & Ortiz Freire, (2021). Generador síncrono de imanes permanentes de flujo axial para una pico central hidroeléctrica en el Canal de Riego Ambato – Huachi – Pelileo (Tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato.

Resumen:

Objetivo: Desarrollo de generadores de flujo síncronos de imanes permanentes para las centrales hidroeléctricas del canal de riego Ambato - Huachi - Pelileo y revisión sistemática de los parámetros técnicos del generador, su simulación, validación del comportamiento del prototipo y la implementación de la plataforma de monitoreo. Metodología: se realizó una investigación del tipo aplicadas, experimental. Resultados o conclusiones:

Según (Gordón Gallegos & Ortiz Freire, 2021). Utilizaron el software de análisis de elementos finitos de ANSYS Electronics para calcular valores difíciles de obtener., posterior a ello seleccionan el tipo de turbina y generador y para automatizarlo en el funcionamiento utilizan la tarjeta Arduino.

- Urriago (2023). Diseño y simulación de una pequeña central hidroeléctrica, aprovechando el cauce de una quebrada para la energización de un galpón ubicado en Pore, Casanare (Tesis de pregrado), Universidad Antonio Nariño.

Resumen:

Objetivo: Diseño y simulación de una pequeña central hidroeléctrica para alimentar el gallinero de la finca Peña Negra ubicada en la comuna de Pore del corregimiento La Jasse, así como la identificación de los componentes hidroeléctricos, su dimensionamiento y la simulación en Matlab. Metodología: se realizó una investigación experimental. Población y muestra> pequeñas centrales hidroeléctricas ubicadas en Colombia. Resultados o conclusiones:

Según (Urriago, 2023). Este trabajo ha diseñado y simulado con éxito una pequeña central hidroeléctrica que utiliza la corriente para generar electricidad y alimentar al gallinero de la finca Peña Negra en Casanare Pore. Las investigaciones realizadas permiten la identificación y análisis de componentes de pequeñas centrales hidroeléctricas, permitiendo una mejor comprensión de su funcionamiento y relación con el medio ambiente.

- Mallitasig (2008). Modelación y diseño digital para micro centrales de generación hidroeléctrica (Tesis de pregrado), Escuela Politécnica Nacional.

Resumen:

Objetivo: Diseñar un programa digital en el paquete computacional Matlab p-ara determinar el tipo de turbina en pequeñas centrales hidroeléctricas, los parámetros del generador y parámetros principales de la subestación eléctrica: se realizado una investigación experimental. Resultados o conclusiones:

Según (Mallitasig, 2008). El programa elaborado en esta tesis tiene la capacidad de seleccionar el tipo de turbina, para una mini y pequeñas centrales hidroeléctricas, así como su dimensionamiento referencial. Además, de determinar las características generales del generador y de los principales equipos de la subestación.

## **2.2. Normativa utilizada.**

La presente tesis se rigen por las siguientes disposiciones legales y normas pertinentes que las armonizan, modifican y reemplazan:

- Decreto Ley N° 25844.-Ley de Concesiones Eléctricas.
- Ley N° 28832.- Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica.

- Decreto Supremo N° 009-93-EM. - Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.
- Decreto Supremo N° 027-2008-EM – Reglamento del COES.
- Decreto Legislativo N° 1002 - Decreto Legislativo de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad Con el Uso de Energías Renovables

#### Normas Técnicas

- UNE – EN IEC 60193:2019 “Turbinas hidráulicas, bombas de acumulación y turbinas-bombas.
- UNE – EN IEC 60545:2021 “Guía para la puesta en marcha y operación de turbinas hidráulicas, bombas de turbina y bombas de almacenamiento”

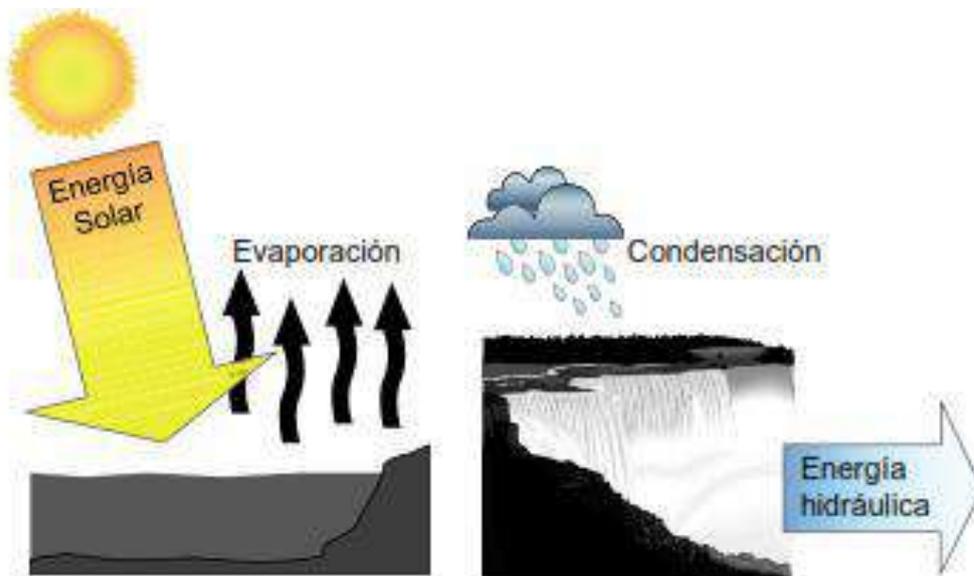
### **2.3. Bases conceptuales**

#### **2.3.1. Mini central hidroeléctrica**

Las minicentrales hidroeléctricas son infraestructuras utilizadas para generar electricidad utilizando la energía cinética del agua. Se clasifica como “mini” por su menor capacidad energética que las centrales hidroeléctricas convencionales. Utilizan el flujo y la elevación del agua para generar electricidad. El caudal se refiere a la cantidad de agua que fluye durante un período de tiempo determinado y la altura se refiere a la diferencia de elevación entre el nivel del agua por encima y por debajo del sitio y consiste principalmente en un canal o tuberías que llevan agua a la turbina. , convirtiendo así la energía cinética del agua en energía mecánica. Esta energía mecánica se transfiere a un generador convirtiéndola en energía eléctrica. (Castro, 2006)

**Figura 2.1**

*La energía hidráulica y el ciclo de la hidrología.*



*Fuente: Gonzales & Gil, 2006.*

Con base en la potencia instalada, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) clasifica a las mini centrales hidroeléctricas con las siguientes características:

**Tabla 2.1**

*Clasificación de las centrales hidroeléctricas según el rango de potencia.*

Descripción	Rango de potencia	Salto (m)		
		Bajo	Medio	Elevado
Micro centrales hidroeléctricas	Hasta 50 kW	Menos de 15	15 – 50	Mas de 50
Minicentrales hidroeléctricas	De 50 a 500 kW	Menos de 20	20 – 100	Mas de 100
Pequeñas centrales hidroeléctricas	De 500 a 5000 kW	Menos de 25	25 – 130	Mas de 130

*Fuente: OLADE (1980).*

### **2.3.2. Tipos de mini centrales hidroeléctricas**

Teniendo en cuenta la ubicación o emplazamiento de las mini centrales hidroeléctricas, se realiza la siguiente clasificación general: (Castro, 2006)

- De agua fluyente

- A pie de presa
- En canales de riego y/o abastecimiento
- En redes de agua

### 2.3.2.1. De agua fluyente

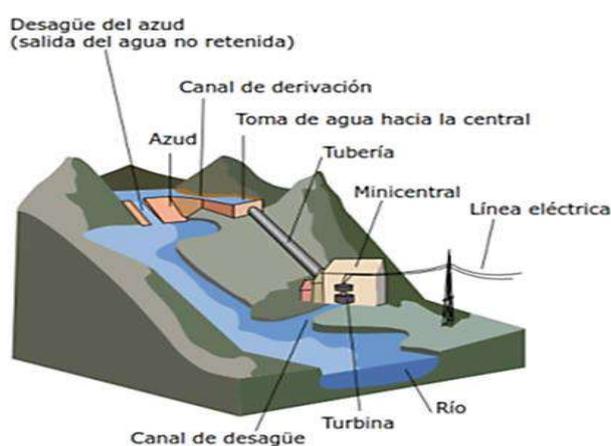
Se trata de un tipo de central hidroeléctrica, también conocida como central fluvial, en la que se aprovecha el caudal de un río o fuente de agua natural para generar electricidad de forma renovable.

A diferencia de las grandes centrales hidroeléctricas que tienen embalses, las centrales hidroeléctricas comunes y corrientes no construyen grandes represas para almacenar agua. En cambio, el poder del agua en movimiento se utiliza para hacer girar turbinas y generar electricidad. Es decir, en una central eléctrica que corre sobre un río; Parte del agua del río se canaliza a través de la toma y se transporta a través de un canal o tubería hasta la central eléctrica y luego se devuelve al lecho del río. (Castro, 2006)

Este tipo de instalación depende directamente de la hidrología porque no es posible regular el caudal de la turbina, que varía mucho. Al mismo tiempo, tienen una altura casi constante o útil y su fuerza depende del caudal del río.

### Figura 2.2

*La Minicentral hidroeléctrica de agua fluyente.*



Fuente: Orlando H. & Álvarez H., 2010.

Otros casos también incluidos en este grupo, siempre que no se regule el caudal de la turbina, son las instalaciones situadas en arroyos o en el curso del río donde el salto se consigue mediante la construcción de aliviaderos sin canales llamados también azud, sin canales de derivaciones, cámaras de carga ni tuberías forzadas.

### 2.3.2.2. A pie de presa

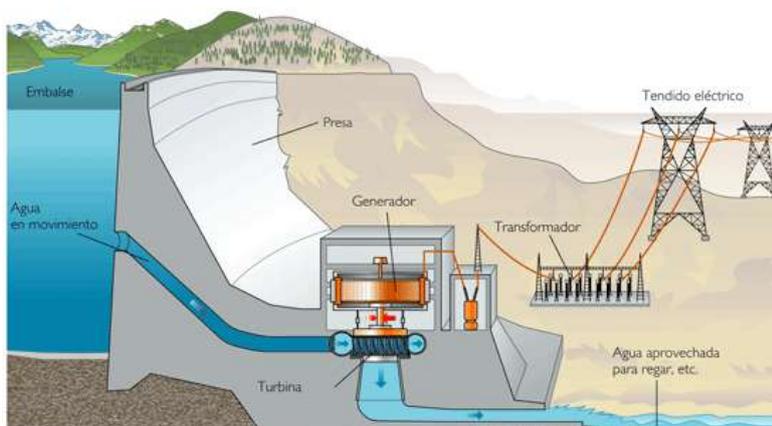
El proceso de generación de energía en la minicentral hidroeléctrica al pie de la presa comienza cuando el agua almacenada en el embalse de la presa se libera a través de la compuerta de la presa.

El agua que cae de la presa fluye a través de turbinas hidráulicas colocadas en el suelo. Estas turbinas están conectadas a un generador para convertir la energía cinética del agua en electricidad. El agua que fluye a través de la turbina se vierte a un río o canal de drenaje. Luego, la electricidad generada se transmite a través de cables y se distribuye a los usuarios finales a través de la red.. (Castro, 2006)

La característica principal de este tipo de minicentral hidroeléctrica es la capacidad de regular el flujo de agua y suele utilizarse durante las horas de mayor consumo.

### Figura 2.3

*La Minicentral hidroeléctrica a pie de presa.*



Fuente: Orlando H. & Álvarez H., 2010.

### 2.3.2.3. En canales de riego y/o abastecimiento

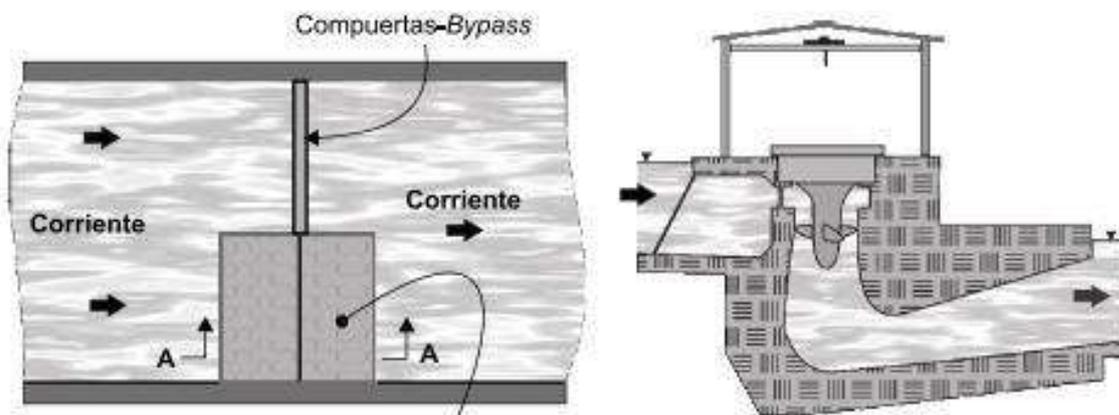
Se califican de dos tipos:

1. Aprovechando el desnivel existente en el lecho del canal, mediante la instalación de una tubería forzada paralela al caudal de un canal de riego concreto, se dirige el agua a la turbina para luego regresar al lecho original del canal.

2. Los que se aprovechan el desnivel entre el canal y el río cercano. En este caso, la instalación se instala junto al río y el exceso de agua se vierte a la turbina.

### Figura 2.4

*La Minicentral hidroeléctrica en canal de riego.*



*Fuente: Orlando H. & Álvarez H., 2010.*

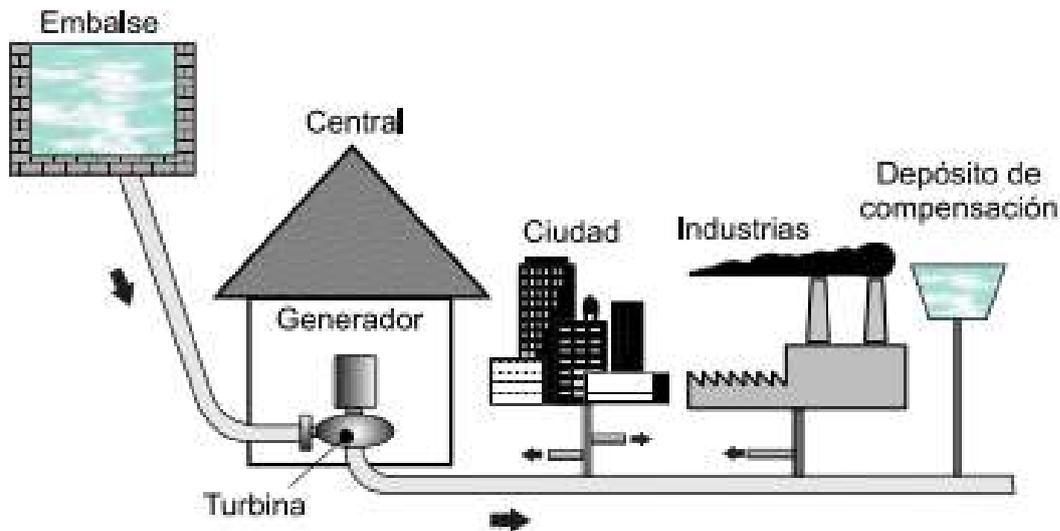
### 2.3.2.4. En redes de agua

También se puede generar electricidad mediante la construcción de minicentrales hidroeléctricas dentro de las redes de suministro de agua existentes o previstas. Pueden utilizarse en redes de distribución de agua potable, riego y en definitiva en embalses y plantas depuradoras de aguas residuales. (ESHA, 2006)

La ventaja de estos es el bajo costo de la inversión en construcción, ya que hay reducción en la implementación de estructuras necesarias para la mini central hidroeléctrica.

**Figura 2.5**

*La Minicentral hidroeléctrica en redes de agua.*



*Fuente: Orlando H. & Álvarez H., 2010.*

### **2.3.3. Principios de funcionamiento de una mini central hidroeléctrica**

La energía en una pequeña central hidroeléctrica es la energía potencial generada por el flujo de agua ( $Q$ ) al final del período de ascenso o descenso hidrológico ( $H$ ), esta energía es convertida en energía mecánica por la turbina y luego se convierte en eléctrica. energía mediante una turbina. generador. (Ortiz, 2001)

Siendo el peso específico del agua:

$$\gamma_a(\text{kg. m/m}^3\text{s}^2 = \text{N/m}^3) = d(\text{kg/m}^3) * g(\text{m/s}^2) \quad (2.1)$$

$$\gamma_a(\text{kg. f/m}^3) = d(\text{kg/m}^3) * g(\text{m/s}^2)/9.81(\text{N})$$

Donde:

$\gamma_a$  : Peso específico del agua en ( $\text{N/m}^3$ )

$d$  : Densidad específica del agua ( $1000 \text{ kg/m}^3$ )

$g$  : Gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

Por lo que, según (Ortiz, 2001). La potencia hidráulica que incluya el salto y caudal queda expresado según la ecuación 2.2:

$$P(\text{kW}) = \gamma \left( \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3} \right) * H (\text{m}) * Q \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * \eta (\%) \quad (2.2)$$

Donde:

P : Potencia recurso en (kW)

H : Salto o altura en (m)

Q : Caudal en (m<sup>3</sup>/s)

η : Eficiencia de la MCH en (%)

#### 2.3.4. Estudios cartográficos y topográficos

Los levantamientos topográficos y cartográficos son levantamientos realizados en pequeños proyectos hidroeléctricos con el objetivo de obtener la altura hidráulica bruta y por tanto la altura hidráulica neta mediante métodos, técnicas y mediciones (ESHA, 2016).

##### 2.3.4.1. Salto bruto y salto neto

La elevación, también conocida como altura, es otro parámetro importante a la hora de diseñar una minicentral hidroeléctrica. Este debería ser el máximo que permita la topografía del sitio, sujeto a las limitaciones del impacto ambiental y la viabilidad económica del desarrollo. (Castro, 2006)

Al mismo tiempo, se tiene las definiciones siguientes:

**1. Salto o altura bruta (H<sub>b</sub>):** elevación entre el punto de entrada de la presa y el punto de descarga de la turbina al río.

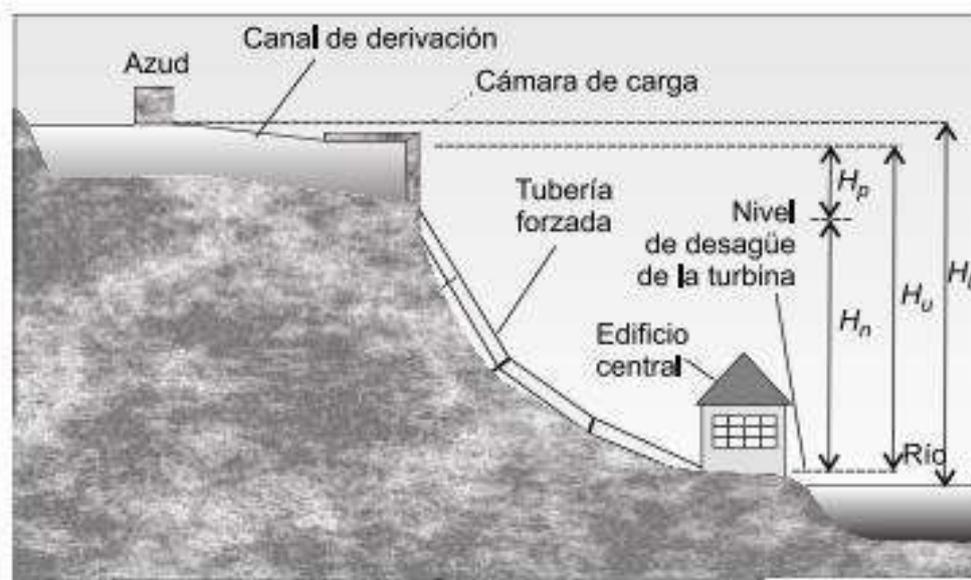
**2. Salto o altura útil (H<sub>u</sub>):** la diferencia entre el nivel del agua superficial libre en la cámara de carga y el nivel del agua de drenaje en la turbina.

**3. Salto o altura neta ( $H_n$ ):** Ésta es la diferencia entre la presión efectiva y la pérdida de presión en la tubería. Representa la potencia máxima que se puede transferir con éxito al eje de la turbina.

**4. Pérdida de carga ( $H_p$ ):** También se tienen en cuenta las pérdidas por rozamiento del agua con las paredes del canal, especialmente en conducciones de agua, así como las pérdidas por turbulencias, cambios de dirección del flujo al pasar por rejillas o válvulas, etc. Se mide por la pérdida de presión (cambio de altitud) y se calcula mediante una fórmula derivada de la hidrodinámica.

**Figura 2.6**

*Salto o altura en una Minicentral hidroeléctrica.*



*Fuente: Orlando H. & Álvarez H., 2010.*

#### 2.3.4.2. Evaluación y determinación del salto neto

Para calcular el salto neto en una mini central hidroeléctrica, se emplea la ecuación siguiente según (Castro, 2006).

$$H_n(m) = H_u(m) - H_p(m) \quad (2.3)$$

Donde:

$H_n$  : Altura o salto neto en (m)

$H_u$  : Salto útil en (m)

$H_p$  : Perdidas hidráulicas o perdidas de carga en m (del 5% al 10% del salto bruto, IDEA 2006, Pág. 35)

Por un lado, según (**ELECTROBRAS, 2000**), en sus publicaciones para construir pequeñas centrales hidroeléctricas, determinada el salto o altura neta a partir de la ecuación 2.4:

$$\mathbf{H_n(m) = H_{liq}(m) = H_b (m) - \%H_p(m) * H_b(m)} \quad (2.4)$$

Donde:

$H_{liq}$  : altura o salto neto en (m)

$H_b$  : Salto bruto en (m)

$H_p\%$  : Perdidas hidráulicas o perdidas de carga en (m, del 3% para casas de fuerza a pie de presa y 5% en túnel y/o canal)

En consecuencia, las perdidas hidráulicas en porcentaje según (**ELECTROBRAS, 2000**), se calcula mediante la ecuación 2.5:

$$\mathbf{H_p(\%) = \frac{H_b (m) - H_n(m)}{H_b (m)} * 100} \quad (2.5)$$

Donde:

$H_p\%$  : Perdidas hidráulicas en porcentaje (%)

$H_b$  : Salto bruto en (m)

$H_n$  : Salto neto o altura neta útil en (m)

### **2.3.5. Evaluación hidrológica**

Es el análisis y evaluación del ciclo del agua en un área geográfica específica. Esto implica recopilar datos sobre la cantidad y calidad del agua en el área de estudio, así como analizar los procesos hidrológicos y las interacciones con los sistemas terrestres y atmosféricos. Esto conduce a muchas alternativas o enfoques diferentes para determinar el progreso óptimo de un proyecto. **(ANA, 2012)**

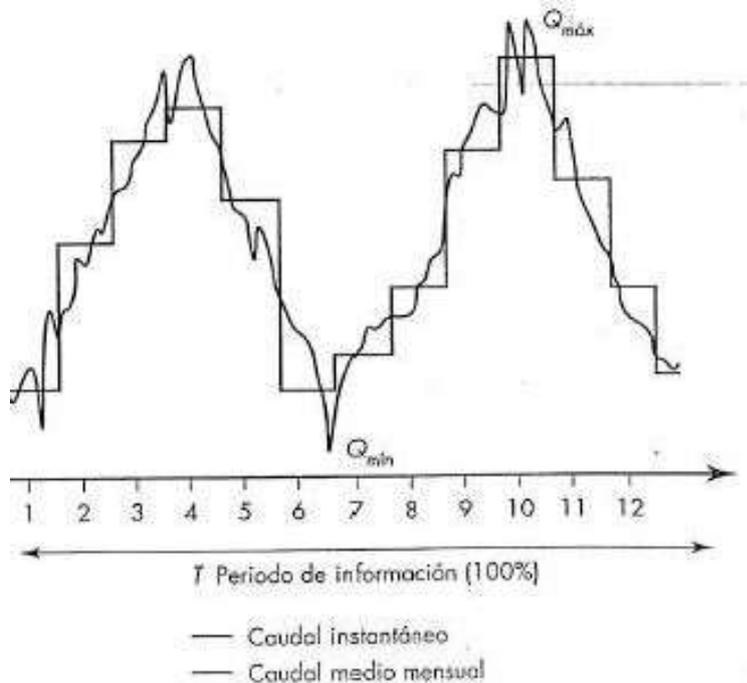
- Métodos cuando existen historiales de datos
- Método cuando existe historial de registro pluviométrico
- Método de mediciones directas del caudal

#### **2.3.5.1. Métodos cuando existen historiales de datos**

En general, este método es adecuado para medir series temporales de caudales aforados durante algunos años, siendo útil siempre y cuando se organizan de la siguiente manera: hidrograma, curva de caudal clasificado, curva estándar de caudal clasificado, curva de caudal clasificado en tramo no aforado. **(Zoppetti Juddez, 1979)**

##### **2.3.5.1.1. Hidrogramas**

Un hidrograma es una representación de los caudales medios basados en el período de tiempo (día, mes, año) durante el período de medición. Su medición se basa en la medición del caudal instantáneo y se realiza con equipos que permiten su registro, o mediante mediciones y registros periódicos. **(Ortiz, 2001)**

**Figura 2.7***Hidrograma de caudales.**Fuente: (Ortiz, 2001).*

De manera similar, se presenta gráficamente un hidrograma mensual para un año, un hidrograma anual para varios años o un hidrograma plurianual, resaltando los caudales máximos o punta, los caudales oscuros mínimos y el valor promedio.

### 1. Caudal pico

En la figura 2.7 encontramos el valor correspondiente al incremento máximo del caudal, que se expresará como un periodo de tiempo denominado periodo de retorno. Con base en este valor y caudal, se desarrolla un diseño para la estructura de llenado y desbordamiento. (**Ortiz, 2001**)

OLADE, recomienda que el periodo para diseñar las captaciones es:

- Para una micro central es de: 20-25 años
- Para una mini central es de: 50-100 años
- Para una pequeña central es de: 100-150 años

## **2. Caudal mínimo**

Es el caudal el que asegura la estabilidad de la fauna y la flora en el lecho del río; Esto equivale a una inundación y una sequía. (Ortiz, 2001)

## **3. Caudal medio**

Es el caudal equivalente al promedio de los caudales medios durante un período de tiempo determinado; Este es un diario mensual o anual. (Ortiz, 2001)

## **4. Curvas de duración de caudales**

Una curva de duración del flujo es una representación gráfica que muestra la relación entre el flujo durante un período de tiempo y la duración de su ocurrencia. Esta curva se utiliza para analizar el comportamiento del flujo en un río, arroyo u otra fuente de agua.

En una curva de duración del flujo, los flujos se ordenan de mayor a menor en el eje vertical y se presentan como un porcentaje del tiempo presente en el eje horizontal. Por lo tanto, la curva muestra el porcentaje de veces que el caudal es mayor o igual a un valor específico durante el período analizado. (Ortiz, 2001)

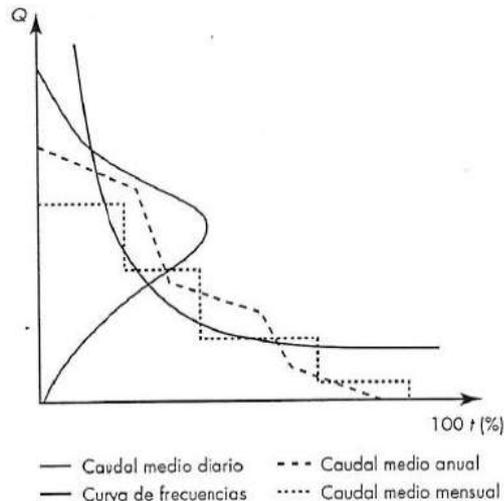
## **5. Curva de frecuencia**

La curva de frecuencia muestra el flujo continuo o constante más alto durante el período de tiempo correspondiente al 100% de información, como se muestra en la Figura 2.8; En este caso, se puede elegir el caudal estimado de la minicentral hidroeléctrica. La curva de frecuencia muestra cuántas veces se repite un caudal particular durante un período anual, independientemente de cuándo ocurre la repetición. Se presenta como un diagrama cartesiano, donde el eje "y" clasifica el caudal medio o mediano en orden descendente desde el caudal

máximo hasta el caudal mínimo; El eje "x" muestra la tasa de repetición de cada hilo. (Ortiz, 2001)

### Figura 2.8

*Caudales clasificados y caudales de frecuencia.*



Fuente: (Ortiz, 2001).

## 6. Caudal de diseño

Con este caudal se espera construir minicentrales hidroeléctricas; Por tanto, esta línea eléctrica debe garantizar el funcionamiento a máxima capacidad durante la mayor parte del año, asegurando la continuidad en la producción eléctrica.

El flujo computacional se determina en base a la curva de duración del flujo y el MCH se diseña en base a esa curva. Normalmente, se utiliza un caudal del 90 % para estimar la capacidad disponible y un caudal del 50 % para obtener energía almacenada adicional. A su vez, se debe considerar el tipo de MCH, ya sea aislado o interconectado, para seleccionar el caudal de diseño. Si la central eléctrica está aislada, el proceso de diseño debe asegurar la demanda energética anual durante toda la vida del proyecto y la capacidad máxima final del proyecto; Si no se puede garantizar esta última condición, el proyecto se puede salvar conectando generadores de combustibles fósiles durante las horas punta o adoptando un

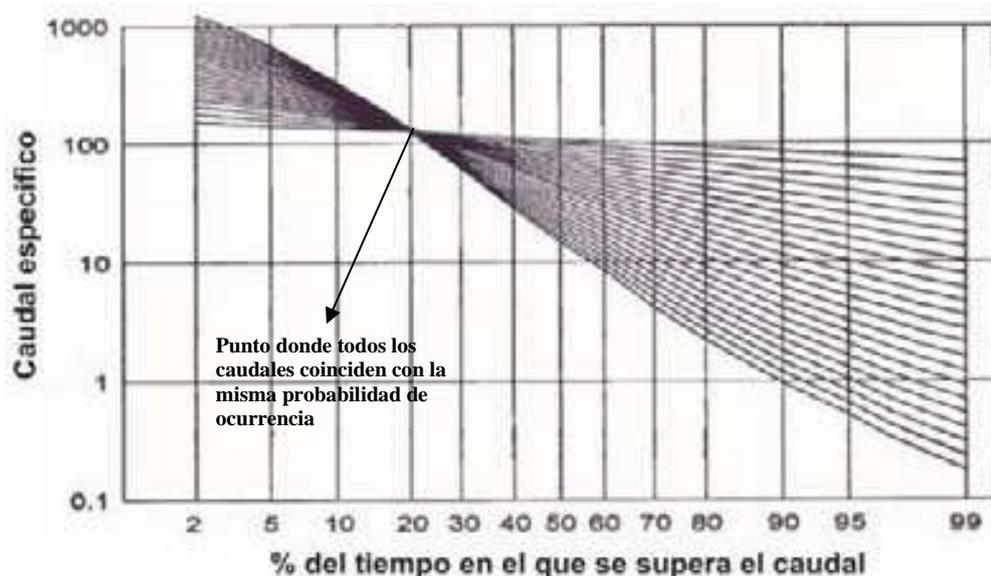
racionamiento. En la interconexión de la MCH se da prioridad a la energía que se puede suministrar a la red, y en las entradas se selecciona el caudal de mayor persistencia de la curva de frecuencia. Por otra parte, para elegir el caudal de diseño se deben considerar los diferentes caudales mínimos a garantizar en los afluentes correspondientes a caudales ecológicos y caudales para otros fines (riego, acueductos u otros). (Happoldt, 1974)

### 2.3.5.1.2. Curva estándar del caudal clasificado

Si desea comparar el CCCs de diferentes ríos, primero debe dividir el valor del caudal por el área o zona de captación y luego dividirlo por la precipitación media anual. Estas curvas, expresadas en  $m^3/s$  para la unidad de área de captación registrada y para la unidad de precipitación anual generalmente expresada como  $(m^3/s/km^2/m)$ , se denominan CCCs estándar. 2.9. La Figura 2.9 muestra 20 CCCs estándar trazadas en una escala logarítmica doble, correspondientes a cuencas geológicamente distintas trazadas en una escala logarítmica doble.. (ESHA, 2006)

**Figura 2.9**

*Curva de caudales estándar.*



Fuente: (ESHA, 2006).

### **2.3.5.2. Método cuando existen historial de registro pluviométrico**

Se sabe que proyectos de este tipo se caracterizan por la falta de información; En la mayoría de los casos sólo se puede encontrar información sobre las precipitaciones y lo único que se puede hacer es utilizar balances hidrológicos basados en datos de precipitaciones anuales, mapas de isoyetas y datos de caudales durante al menos un período de tiempo. Debido a que la información contenida en mapas de isohietas o estaciones hidrológicas cubre grandes áreas, se han desarrollado métodos para transmitir la información al área de estudio para estimar los caudales máximos y mínimos anuales. (Ortiz, 2001)

Para estimar los caudales se utilizan algunos métodos tales como:

- El método aritmético
- El método de los polígonos
- El método de las isoyetas

### **2.3.5.3. Método de mediciones directas del caudal**

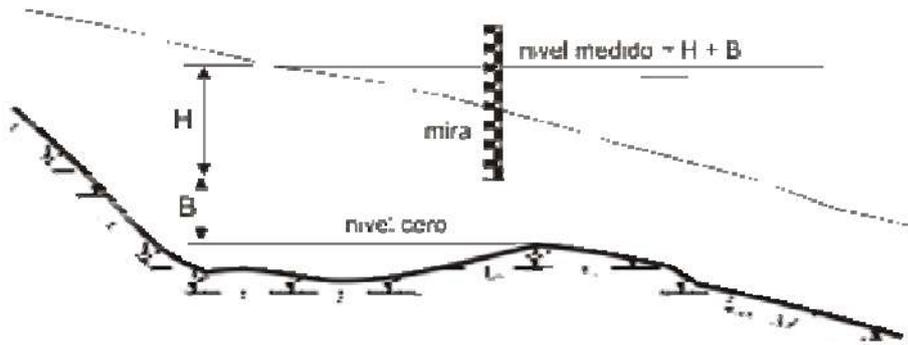
Si no existe una serie temporal para el tramo del río que se está estudiando y se dispone de tiempo, se puede medir el caudal durante al menos un año, ya que una serie de mediciones instantáneas no tiene valor. Hay varias opciones para este propósito. (ESHA, 2006)

#### **2.3.5.3.1. Medición del área y la velocidad**

Este método tradicional se utiliza para medir el caudal en ríos de tamaño mediano y accesibles. Se trata de medir la sección transversal del río en un lugar determinado, así como la velocidad media del agua que fluye por el río. Esto requiere un tramo recto de longitud razonable aguas abajo. Esta es la llamada sección de control que le permite determinar de manera confiable la relación entre la altura del nivel del agua (hoja) y el flujo. La Figura 2.10 muestra un diagrama de una estación de medición construida según este concepto.

### Figura 2.10

Medida del nivel de agua en estación de aforo.



Fuente: (ESHA, 2006).

### 1. Caudal del área de sección transversal

Para estimar el área de la sección transversal, es útil dividirla o descomponerla en una serie de trapecios, como se muestra en la Figura 2.11:

### Figura 2.11

Evaluación de la sección transversal del río.

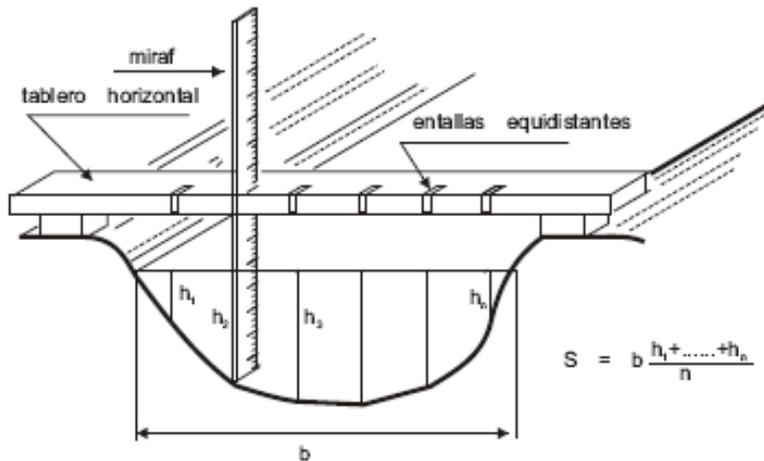


figura 3.4 sección transversal del cauce

Fuente: (ESHA, 2006).

### 2. Caudal de la velocidad media en la sección transversal

Dado que la velocidad del flujo de agua varía tanto horizontal como verticalmente, es necesario medir la velocidad en varios puntos para obtener la velocidad promedio. A continuación, se muestran algunas formas de hacer esto. (ESHA, 2006)

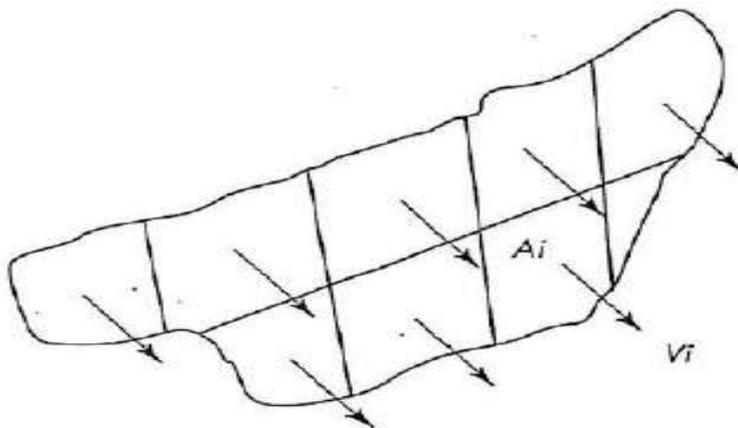
- Con un flotador.
- Con un molinete mecánico.
- Con un molinete electromagnético.
- Con un molinete acústico.
- Con un molinete de efecto Doppler.

#### 2.3.5.3.2. Medición del caudal con correntómetro

Este es un método de medición más conveniente, que requiere un equipo especial que consiste en un actuador sumergido en agua y dirigido hacia el vector de velocidad del flujo que gira con respecto a él; RPM representa la velocidad. Para determinar el caudal, se divide la sección transversal del canal en pequeñas franjas y se mide su velocidad central con un anemómetro, como se muestra en la Figura 2.12.

#### Figura 2.12

*Vector de velocidad en el área de medición.*



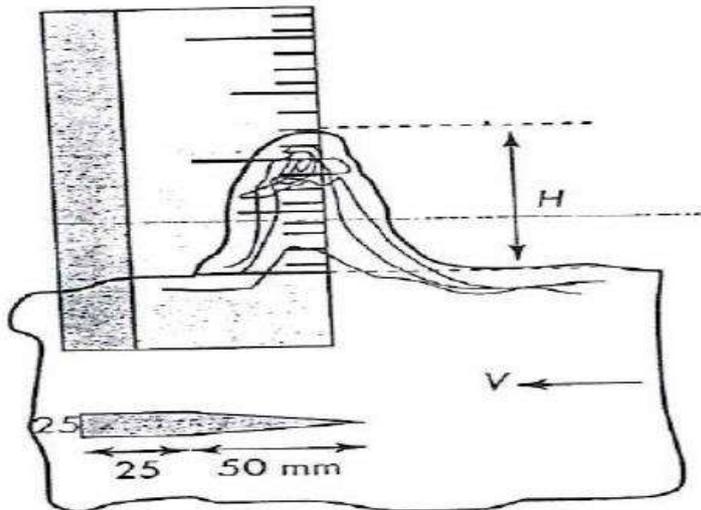
*Fuente: (Ortiz, 2001).*

#### 2.3.5.3.3. Medición de caudal con escala

Este método permite la determinación indirecta del flujo de agua utilizando una escala calibrada. Para determinar el caudal, se coloca el caudal en una escala calibrada en centímetros; La colisión con él está marcada en la escala como en 2.13.

**Figura 2.13**

*Escala de medición de caudales.*



*Fuente: (Ortiz, 2001).*

#### 2.3.5.3.4. Medición con estructuras hidráulicas

##### 1. Método del vertedero

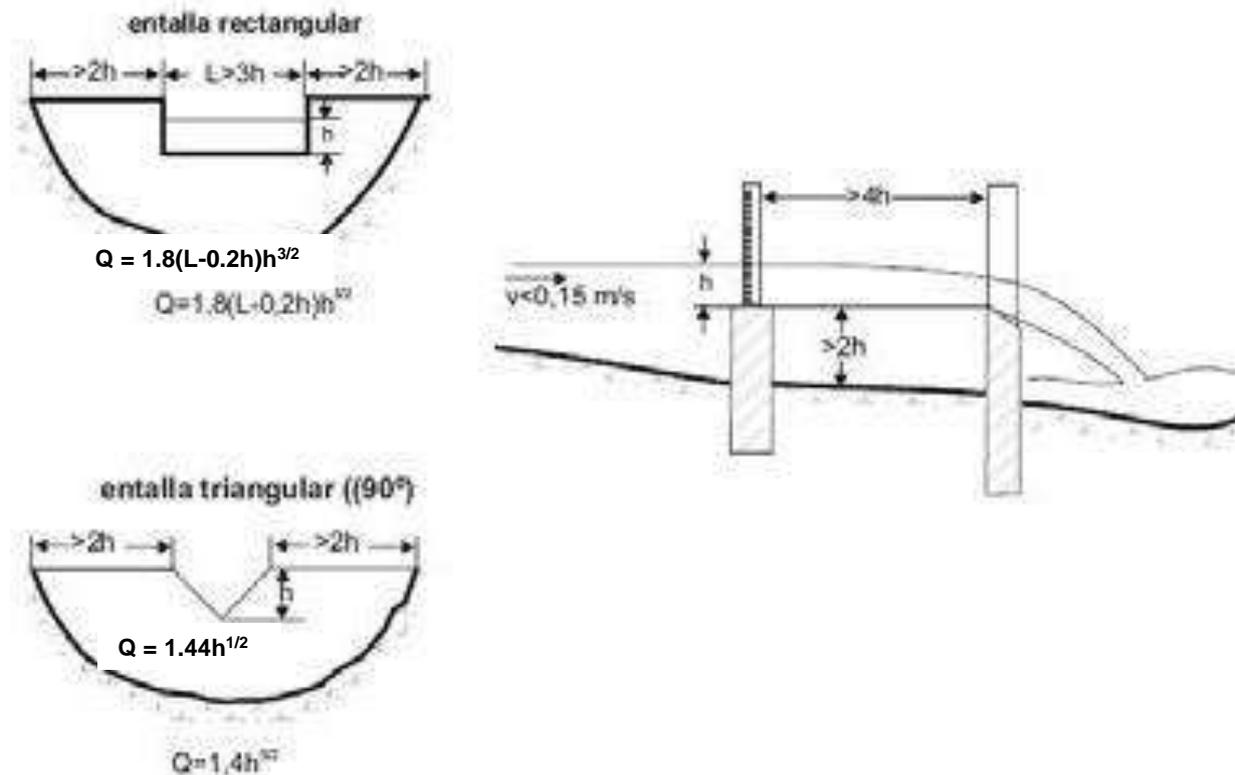
Siempre que el caudal del río sea lo suficientemente bajo (por ejemplo, menos de 4 m<sup>3</sup>/s), se puede construir un aliviadero temporal en el río. Una presa es un muro colocado perpendicular al flujo de agua con un espacio interior despejado para que el agua pueda escapar. Las presas se dividen según la forma de la hendidura en: V, rectangular y trapezoidal, y dependiendo del espesor de la placa a partir de la cual se fabrica el perfil, pueden tener vetas anchas o franjas finas. (ESHA, 2006)

La Figura 2.14 muestra las dimensiones de los dos aliviaderos, según secciones rectangulares y triangulares, así como la fórmula para calcular el caudal según la función  $h$ . Vale la pena señalar que las normas ISO 3846:1989, 4362:1992, 3847:1987, 4359:1983 y

4360:1984 especifican métodos para medir el flujo utilizando vertederos de diversas formas y espesores.

**Figura 2.14**

*Medición del caudal por aliviadero.*



Fuente: (Ortiz, 2001).

## 2. Método de acequia

En lugar de presas, se pueden utilizar canales de aforo: zanjas con contornos específicos que aceleran el flujo del agua. Esta aceleración puede deberse a que se pegue a la pared o al suelo. Simplemente levantando la parte inferior se creará una presa superior ancha. La pérdida de carga (pérdida de carga de agua en relación con el nivel del agua) es el 25% de la pérdida de carga para presas con buenas crestas y en algunos tipos de zanjas, la pérdida de carga puede llegar hasta el 10%.

#### **2.3.5.4. Caudal ecológico**

Si el agua de la turbina gira sin control, o incluso regresa al canal después de salir de la turbina, la supervivencia de la flora y la fauna acuática se verá seriamente amenazada. Para evitar tal situación, los permisos de agua de turbina siempre incluyen la obligación de mantener una reserva de flujo específica en el tramo del arroyo. El porcentaje de un caudal específico sobre el total entre consumo y valorización varía según el país o región y se denomina caudal ambiental, caudal de reserva o caudal compensatorio, etc.

Para medir dicho caudal existen diferentes métodos tales como:

##### **2.3.5.4.1. Método de Tennant o de Montana**

Se utilizó en los Estados Unidos en la década de 1970 e incluye recomendaciones de caudal mínimo basadas en un porcentaje de los caudales anuales promedio para uso local y se ha utilizado en varias tasas desde octubre a marzo y de abril a septiembre. ciclo estacional (húmedo o seco) y el caudal medio anual. Este enfoque es particularmente adecuado para la planificación a nivel regional y es más popular en los Estados Unidos. También incluye los siguientes pasos:

- Determinar el caudal medio anual para aprovechamiento hidráulica local.
- La observación del curso del agua durante el periodo en el cual el caudal es aproximadamente el 10%, 30% y 60% respecto al caudal medio anual.
- También se pueden analizar otros caudales, pero cubren una gama de flujos que generalmente contribuyen a la protección de los ecosistemas acuáticos y rupícolas en la mayoría de las vías fluviales.
- Utilice la información obtenida para desarrollar recomendaciones de caudales para el mantenimiento del curso de las aguas basadas en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.2**

*Valores recomendados para caudales anuales según TENNANT.*

estado ecológico	RÉGIMEN DE CAUDALES RECOMENDADO (Porcentaje del caudal medio anual)	
	OCTUBRE-MARZO (SEMESTRE SECO)	ABRIL-SETIEMBRE (SEMESTRE HÚMEDO)
De descarga o máximo	200%	
Gama óptima de variación	60% - 100%	
Excelente	40%	60%
Muy buena	30%	50%
Buena	20%	40%
Débil o degradante	10%	30%
Pobre o mínimo	10%	10%
Degradación alta	0% - 10% del caudal medio	

*Fuente:* (Tennant, 1796)

#### **2.3.5.4.2. Método IDAE 2006**

Los caudales ecológicos están determinados por la organización de las cuencas hidrográficas; si no se conocen, se estima primero que equivalen al 10% del caudal medio anual. (IDAE, 2006)

En el capítulo 3, se desarrolla de manera detallada el porcentaje que se considera para el caudal ecológico de manera detallada según estos antecedentes teóricos.

#### **2.3.6. Diseño de obras civiles**

Las obras de construcción incluyen la infraestructura e instalaciones necesarias para la descarga, control y recuperación de agua de las turbinas, así como el arreglo de equipos electromecánicos, sistemas eléctricos y sistemas de control en general. La escala de construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas es muy pequeña en comparación con las

grandes centrales hidroeléctricas y su impacto ambiental puede reducirse si se toman las medidas correctivas necesarias. (IDAE, 2006)

Las estructuras que la componen son:

**A) Obras de derivación.**

- La presa o azud.
- El aliviadero.
- Los dispositivos para disipar la energía.
- Los pasos de peces.
- Los alimentadores del caudal ecológico.

**B) Obras de conducción hidráulica.**

- La toma de agua.
- Los canales.
- Los túneles.
- Las tuberías forzadas.
- La casa de máquinas.

**2.3.7. Turbinas hidráulicas**

Una turbina hidráulica es una máquina que utiliza la energía cinética del agua en movimiento para convertirla en energía mecánica. Consiste en un conjunto de palas o álabes montados sobre una rueda o impulsor que gira debido al flujo de agua. El agua fluye a través de la turbina, ejerciendo fuerza sobre las palas y haciendo que el rotor se mueva. Esta rotación se aprovecha para generar electricidad a través de un generador conectado a una turbina. Las

turbinas hidráulicas se dividen en dos grupos: turbinas de acción y turbinas de reacción. (IDAE, 2006)

**Figura 2.15**

*Esquema de una turbina hidráulica.*



*Fuente: (Ortiz, 2001).*

### 2.3.7.1. Turbinas de acción

#### 2.3.7.1.1. Pelton

Las turbinas Pelton son eficientes en entornos con caudales de agua relativamente bajos, pero con altos saltos, como los ríos de montaña. Son comúnmente utilizadas en centrales hidroeléctricas de pequeña a mediana escala y su diseño permite un alto rendimiento y una buena adaptación a diferentes condiciones de funcionamiento.

El diseño de la turbina Pelton consta de una rueda con paletas en forma de cuchara llamadas cucharas de Pelton. El agua alta presión se dirige a través de una tobera hacia la rueda de la turbina, donde las cucharas de Pelton reciben el chorro de agua y lo desvían en forma de chorro y lo dirigen hacia el exterior de la rueda. La acción del chorro de agua en las cucharas de Pelton genera una fuerza que hace girar la rueda de la turbina. (IDAE, 2006)

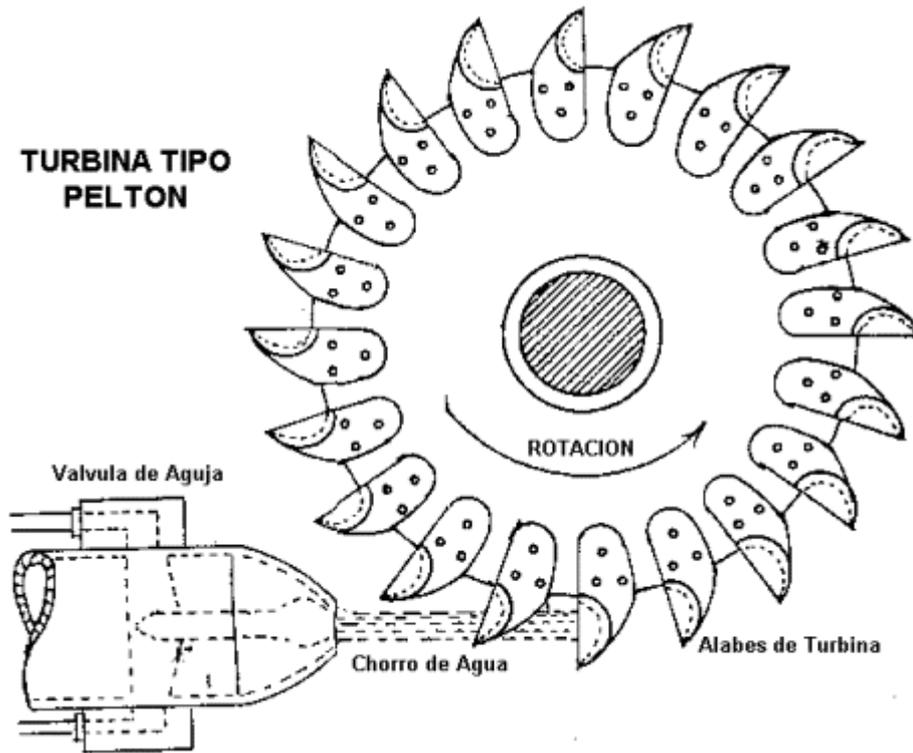
Se trata de turbinas de alta disponibilidad y bajos costos de mantenimiento, su eficiencia en condiciones de diseño es superior al 90%, a un costo del 20% del valor nominal y superior al 80%. Se instalan con ejes verticales y horizontales y con varias boquillas, a menudo combinadas.

- A eje horizontal, en máquinas con uno o dos inyectores.

- A eje vertical, en máquinas con más de dos inyectores. Cabe mencionar que esta solución encarece el costo del generador eléctrico.

**Figura 2.16**

*Turbina Pelton.*



*Fuente: (Ortiz, 2001).*

#### 2.3.7.1.2. Flujo cruzado

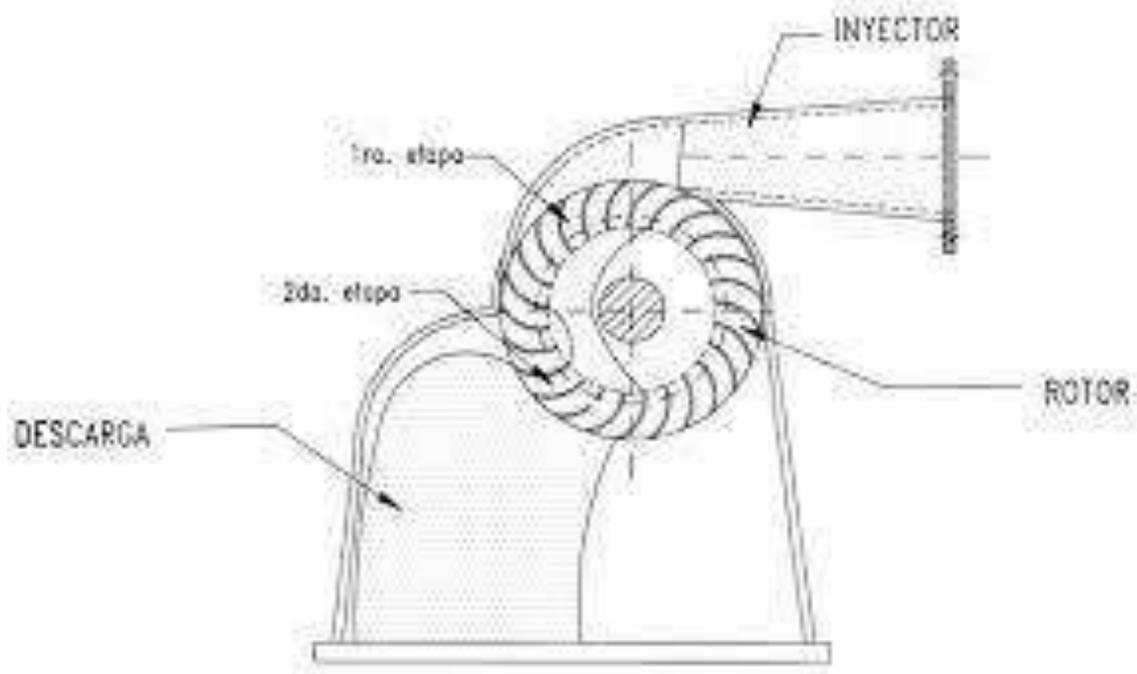
Las turbinas de flujo cruzado son más compactas que otros tipos de turbinas hidroeléctricas, lo que las hace más adecuadas para su instalación en lugares con espacios limitados. También son más resistentes a la presencia de sedimentos en el agua, lo que reduce el mantenimiento y el impacto en el rendimiento de la turbina.

También conocido como actuador dual, consta de una boquilla rectangular unida a una pala larga y un impulsor con múltiples palas soldadas en sus extremos a placas terminales. Recomendado para uso a distancias de 1 y 200 metros con grandes fluctuaciones de caudal. Su capacidad está limitada a 1 MW, su eficiencia es inferior a la de la turbina Pelton y alcanza el

85% cuando se opera de forma continua a un caudal de aproximadamente 1/16 del caudal nominal. (IDAE, 2006)

### Figura 2.17

*Turbina de flujo cruzado.*



*Fuente: (Ortiz, 2001).*

### 2.3.7.2. Turbinas de reacción

#### 2.3.7.2.1. Francis

Esta turbina se adapta bien a diversas presiones y flujos y tiene una gama muy amplia de aplicaciones. Se caracteriza por capturar el flujo de agua en la dirección radial, que pasa a ser la dirección axial que fluye a través del dispositivo hasta la salida. En condiciones óptimas de funcionamiento, la eficiencia de la turbina Francis supera el 90%. Esto permite que el flujo varíe del 40% al 105% del flujo de diseño y del 60% al 125% del flujo nominal. (Coz, 1995)

**Figura 2.18***Turbina de Francis.**Fuente: (Coz, 1995).*

#### 2.3.7.2.2. Hélice, semikaplan y Kaplan

La instalación turbohélice consta de una cámara de admisión abierta o cerrada, un distribuidor fijo, un rotor de hélice de 4 o 5 palas fijas y un colector de admisión. Las turbinas Kaplan y Semi-Kaplan son variantes de palas con diferentes grados de ajuste. Ambos están equipados con impulsores de paletas variables, lo que proporciona un rango de flujo más amplio. Las turbinas Kaplan tienen distribuidores variables, lo que proporciona mayor alcance y mejor rendimiento, pero a costa de una mayor complejidad y un mayor coste. **(IDAE, 2006)**

Tiene una eficiencia de aproximadamente el 90% al flujo nominal y disminuye con la distancia del mismo. Esta turbina se utiliza a menudo con baja presión o con grandes cambios de flujo.

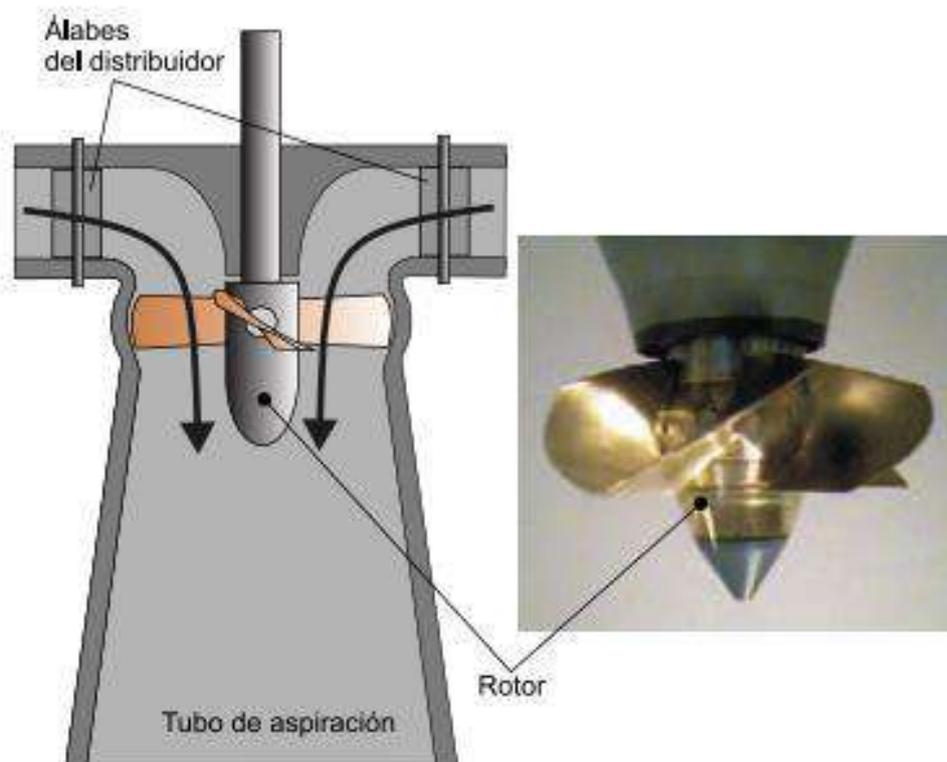
- Para la central del tipo fluyente, de altura o salto constante y caudal muy variable, se aconseja utilizar la turbina Kaplan o Semikaplan.

- Las turbinas del tipo hélice se utilizan generalmente en centrales con regulación propia y con caudales casi constantes entre unos niveles máximo y mínimo de embalse.

Las turbinas de este tipo suelen instalarse con eje vertical en cámara abierta o cerrada, aunque en ocasiones son más convenientes otro tipo de instalación con eje horizontal o ligeramente inclinado, por ejemplo turbinas tubulares o de bulbo. (ESHA, 2006)

**Figura 2.19**

*Turbina de Kaplan.*



*Fuente: (Coz, 1995).*

### 2.3.7.2.3. Tubular

Se denominan turbinas tubulares o turbinas tipo S. Pueden ser de eje horizontal, de eje inclinado o de eje vertical y su eficiencia es ligeramente superior a la Kaplan, del 1% al 2%. (Ortiz, 2001)

#### 2.3.7.2.4. Bulbo

El generador está sumergido en un cable protegido por una funda impermeable. La eficiencia es aproximadamente un 1% mayor que la de las turbinas tubulares. La ventaja es que no se requiere ninguna construcción. (IDAE, 2006)

#### 2.3.7.3. Características de las turbinas hidráulicas

Según (INEA, 1997), la turbina hidráulica se define con las siguientes características:

- Inventor y año de patente.
- Velocidad específica.
- Caudal de diseño.
- Salto o altura neta.
- Potencia de la turbina.
- Eficiencia máxima.

**Tabla 2.3**

*Características principales de las diferentes turbinas hidráulicas.*

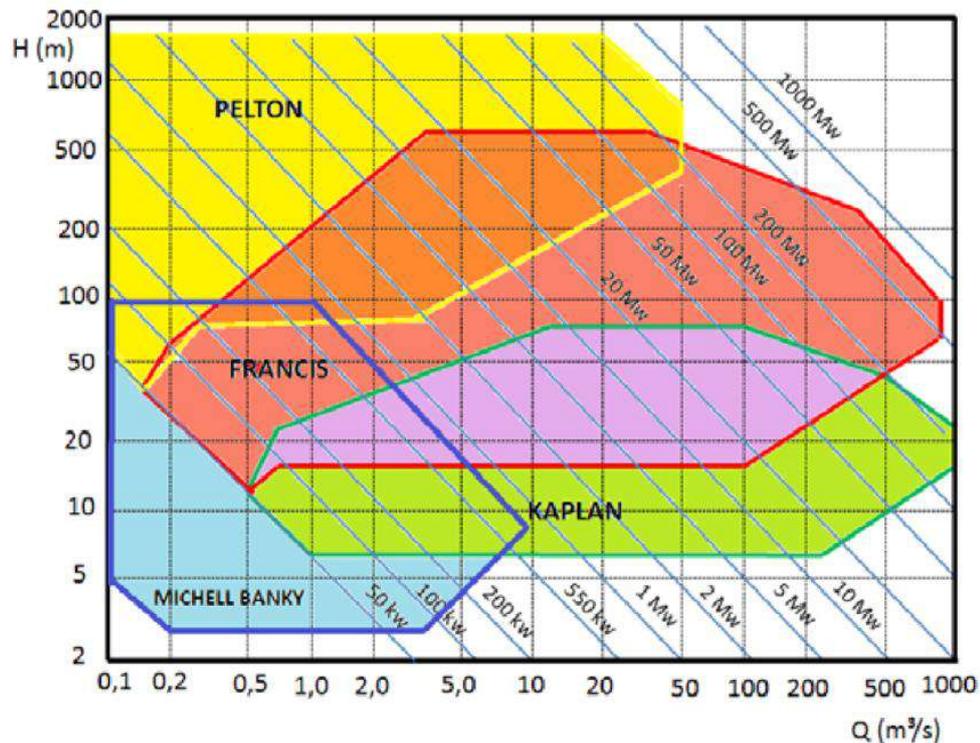
TIPO	INVENTOR Y		Ns [Adimensional]	Qd [m <sup>3</sup> /seg]	Hn [m]	P [KW]	Nmax [%]
	AÑO DE	PATENTE					
Turbina Pelton	Lesster Pelton	1980	1ch30-6ch50-70	0.05-50	30-1800	2-30000	91
Turgo	Eric Crewdson	1920	60-260	0.025-10	15-300	5--8000	85
Michell Banky	A.GMichell Banky		40-160	0.025-5	1-200	1-750	82
Bomba rotodinamica	Dionisio Papin	1689	30-170	0.025-25	10-250	5-500	80
Francis	James Francis	1848	160-150, R250-400	1-500	2-750	2-750000	92
Deriaz	P. Deriaz	1956	60-400	500	30-130	100000	92
Kaplan y de Elice	Kaplan	1912	300-800	1000	5--80	2-200000	93
Axialesk	H<25		300-800	600	5--30	10000	93

*Fuente: (INEA, 1997)*

### 2.3.7.3.1. Selección del tipo de turbina

Para seleccionar el tipo de turbina a utilizar en un aprovechamiento, primeramente, se debe definir la caída o salto hidrológico en metros y el caudal de diseño en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

**Figura 2.20** Curvas de selección de la turbina hidráulica.



Fuente: (HACKER, 2015).

### 2.3.7.3.2. Multiplicador de velocidad

Si la turbina gira a la velocidad del generador, a menudo se utilizan acoplamientos flexibles. Por otro lado, las turbinas de baja velocidad normalmente giran a 125-400 rpm, que es menor que la velocidad requerida por un generador estándar (1000-3600 rpm); Por tanto, es necesario instalar aceleradores entre los ejes de ambas máquinas. Vale la pena señalar que su uso reduce la productividad entre un 2% y un 5% (Ortiz, 2001).

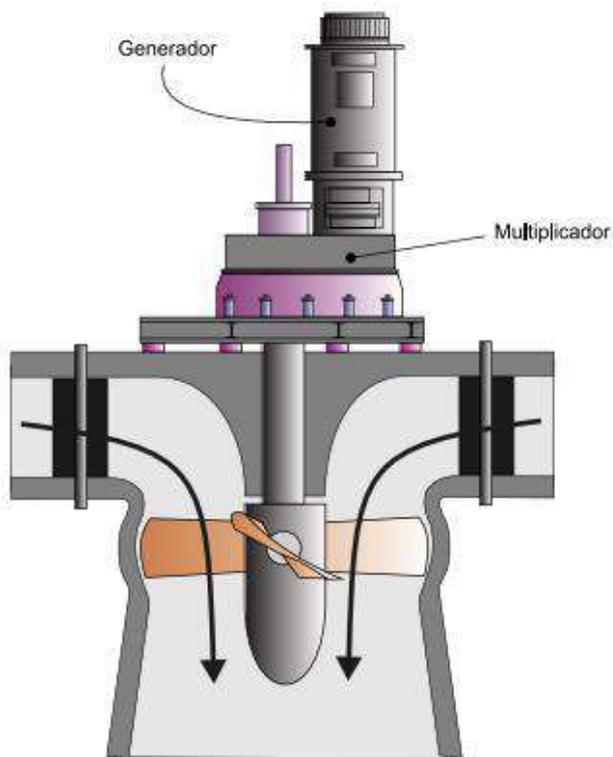
El propósito de utilizar un multiplicador de velocidad es utilizar un generador con una gran cantidad de pares de polos lo que reduce su velocidad de sincronización. La ventaja es

que no hay pérdida en el multiplicador, pero la desventaja es el gran tamaño y costo del generador en particular.

El multiplicador de velocidad consta de una serie de engranajes que transmiten y cambian la dirección del movimiento, aumentando así su velocidad. Estos engranajes pueden ser de diferentes tipos, por ejemplo engranajes cilíndricos, engranajes helicoidales o engranajes cónicos.

**Figura 2.21**

*Turbina Kaplan con multiplicador.*



*Fuente: (ESHA, 2006).*

### 2.3.7.3.3. Velocidad específica de la turbina

La velocidad específica de una turbina es el número de revoluciones ( $ns$ ) necesarias para que la turbina produzca 1 kW de electricidad a una altura o columna de agua de 1 metro. Además, es cierto que todas las turbinas con las mismas proporciones geométricas, aunque de

diferentes tamaños, tienen la misma velocidad específica. (Castro, 2006). Por tanto, la velocidad específica de la turbina se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$n_s = n(\text{RPM}) * \frac{P^{0.5}(\text{kW})}{H_{liq}^{1.25}(\text{m})} \quad (2.6)$$

Donde:

$n_s$  : Velocidad específica turbina en (adimensional)

$n$  : Velocidad de sincronismo en (RPM)

$P$  : Potencia de la turbina en (kW)

$H_{liq}=H_n$  : altura o salto neto en (m)

Por otro lado, una turbina hidráulica alcanza la máxima eficiencia sólo en ciertos rangos de velocidad sincrónica; estos rangos varían dependiendo del tipo de turbina elegida para la central hidroeléctrica, como se muestra en la tabla 2.3. (Castelfranchi, 1971).

**Tabla 2.4**

*Velocidad específica normalizada para turbinas hidráulicas.*

VELOCIDAD ESPECIFICA [ns]	TIPO DE TURBINA	ALTURA LIQUIDA FINAL [m]
Hasta 18	Pelton con una tobera	800
19 a 25	Pelton con una tobera	400 a 800
26 a 35	Pelton con una tobera	100 a 400
26 a 35	Pelton con dos toberas	400 a 800
36 a 50	Pelton con dos toberas	100 a 400
51 a 72	Pelton con cuatro toberas	100 a 400
55 a 70	Francis lentísima	200 a 400
70 a 120	Francis lenta	100 a 200
120 a 200	Francis media	50 a 100
200 a 300	Francis veloz	25 a 50
300 a 450	Francis ultraveloz	15 a 25
400-500	Helice velocísima	Hasta 15
270 a 500	Kaplan lenta	15 a 25
500 a 800	Kaplan veloz	5 a 15
800-1100	Kaplan velocísima	5

*Fuente: (Castelfranchi, 1971).*

#### 2.3.7.3.4. Potencia de la turbina

La potencia de la turbina para una mini central hidroeléctrica según (INEA, 1997) se determina con la ecuación 2.7:

$$P_t(\text{Kw}) = \gamma_a(\text{Kgf/m}^3) * Q(\text{m}^3/\text{s}) * H(\text{m}) * n(\%) \quad (2.7)$$

Donde:

P<sub>t</sub> : Potencia de la turbina en (kW)

Y<sub>a</sub> : Peso específico del agua en (kgf/m<sup>3</sup>)

Q : Caudal en (m<sup>3</sup>/s)

H : Salto o altura en (m)

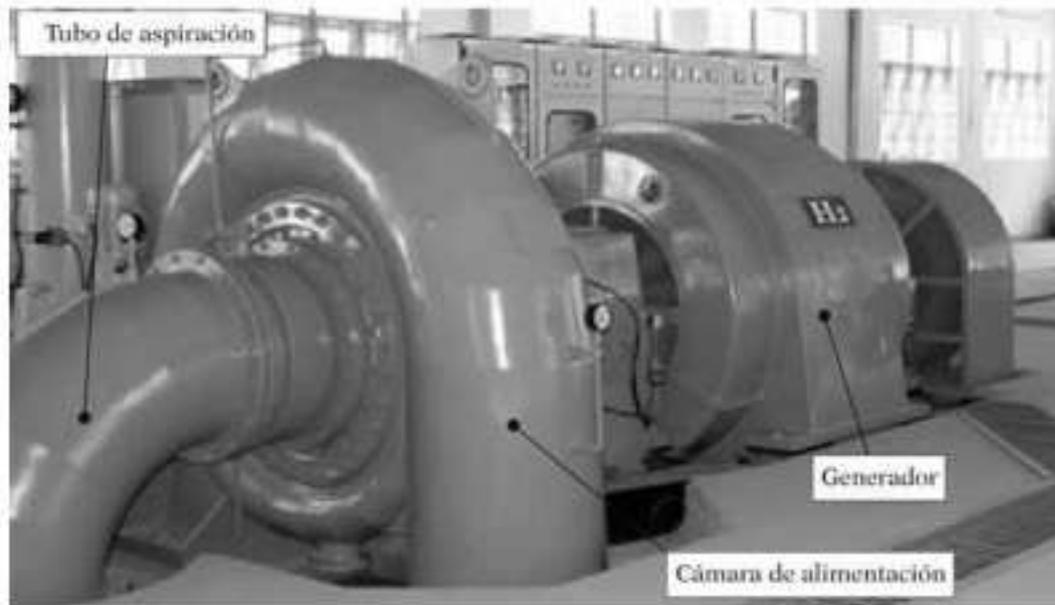
#### 2.3.8. El generador

Los generadores se utilizan para convertir la energía mecánica generada por la rotación de la turbina en energía eléctrica. Los generadores pueden ser de corriente continua (dinamo) o de corriente alterna (generador). El generador consta de dos partes principales: el rotor móvil o bobina de inducción, que crea un campo magnético alterno a medida que gira la turbina, y el estator o armadura fija, que genera la corriente. (Fitzgerald, Charles, & Stephen, 2004)

Según la posición de su eje de rotación, los generadores eléctricos se dividen en generadores de eje vertical y generadores de eje horizontal.

**Figura 2.22**

*Turbina Francis con eje horizontal acoplado al generador.*



*Fuente: (ESHA, 2006).*

Las máquinas eléctricas rotativas de corriente alterna (CA) de uso común se dividen en máquinas síncronas y asíncronas, también conocidas como máquinas de inducción.

La principal desventaja de los generadores asíncronos es que requieren conexión a la salida de un banco de capacitores para compensar la potencia reactiva del generador. A medida que aumenta la potencia de la turbina, aumenta el deslizamiento.

Dado que la frecuencia la establece la red, la turbina no necesita un controlador de velocidad. Para arrancar un generador de inducción, se aplica agua que ingresa a la turbina, lo que hace que la turbina se acelere hasta que el generador alcance la velocidad sincrónica, momento en el cual se cierra el interruptor de línea.

En un generador síncrono, se debe aplicar corriente continua a los devanados del rotor, creando un campo magnético giratorio dentro del generador, que a su vez crea un sistema de voltaje trifásico en los devanados del estator. Cuando el rotor del generador gira, se necesita un mecanismo especial para proporcionar una corriente de excitación constante. En general, la

corriente continua puede ser proporcionada por tres mecanismos de excitación: autoexcitación, excitación auxiliar y excitación sin escobillas..

### 2.3.8.1. Potencia nominal del generador

La capacidad o capacidad de generación de una pequeña central hidroeléctrica se determina luego de calcular la capacidad disponible o capacidad de turbina según la ecuación:

$$P_g(\text{Kw}) = P_t(\text{Kw}) * \frac{n_g(\%)}{\cos\phi(\text{adimensional})} \quad (2.8)$$

Donde:

$P_g$  : Potencia del generador en (kW)

$P_t$  : Potencia de la turbina en (kW)

$n_g$  : Eficiencia del generador en (%)

$\cos\phi$  : Factor de potencia en (adimensional)

### 2.3.8.2. Eficiencia del generador

El rendimiento de los generadores eléctricos en pequeñas centrales hidroeléctricas debe obtenerse del fabricante del equipo. Si no se dispone de información se pueden utilizar los siguientes valores: (**Electrobras, 2000**)

- El 96% para generadores hasta 1 MVA
- El 97% para generadores hasta 10 MVA
- El 98% para generadores hasta 30 MVA.

### 2.3.8.3. Factor de potencia

El factor de potencia del generador en una pequeña central hidroeléctrica se determinará en función de los requisitos del sistema eléctrico que impulsa el generador. Para un sistema aislado, no resulta económico utilizar un generador con un factor de potencia inferior a 0,80.

Para generadores conectados a la red, se aplica un factor de potencia nominal de 0,90 a 0,95. **(Electrobras, 2000)**

El factor de potencia (PF) se considera una medida del consumo de energía adecuado y puede variar de 0 a 1, donde 1 es el valor ideal e indica que la energía total consumida por el dispositivo se ha transferido correctamente. Por el contrario, un factor de potencia inferior a 1 significa que se utiliza más energía para realizar un trabajo útil. Teniendo en cuenta lo anterior, un factor de potencia inferior a 0,90 es un desperdicio de energía, lo que conlleva un aumento innecesario de tu factura eléctrica. **(Fraile, 2003)**

#### **2.3.8.4. Frecuencia**

La generación de energía hidroeléctrica se realiza mediante generadores trifásicos con frecuencias de 50 Hz en Europa y 60 Hz en la mayor parte de América. Por tanto, la frecuencia del generador dependerá de la ubicación geográfica de la pequeña central hidroeléctrica. **(Electrobras, 2000)**

#### **2.3.8.5. Tensión nominal**

Cuando un generador se conecta al sistema de transmisión a través de un transformador, el voltaje de generación generalmente se determina con base en factores económicos. A una determinada potencia y velocidad, el precio del generador variará en función del voltaje. Al elegir el voltaje de generación, se debe tener en cuenta no solo el costo del generador, sino también el costo de la conexión generador-transformador y los equipos conectados al voltaje de generación. **(CABAL S.A., 2014)**

A menos que exista una razón específica para utilizar un valor de voltaje particular, se debe controlar, dando a los fabricantes la libertad de ofrecer el valor que consideren más apropiado.

La tabla 2.4 se puede utilizar como guía para la selección del voltaje de generación, resultando en una solución económicamente atractiva.

**Tabla 2.5**

*Tensiones de generación recomendables en centrales hidroeléctricas.*

Potencia (kW)	Voltaje generación (V)
5 – 100	220 – 440
100 – 500	440 – 2400
500 – 5000	2400 – 6300

*Fuente: (CABAL S.A, 2014, pág.59)*

#### 2.3.8.6. Velocidad de sincronismo

Por tanto, la característica de una máquina eléctrica síncrona es que la velocidad de rotación del rotor es igual a la velocidad del campo magnético giratorio existente en el entrehierro. Y se determina según la ecuación siguiente:

$$n(\text{RPM}) = \frac{120 * f(\text{Hz})}{p(\text{adimensional})} \quad (2.9)$$

Donde:

n : Velocidad de sincronismo en (RPM)

p : Numero de polos en (adimensional)

f : frecuencia a la cual opera en (Hz)

#### 2.3.8.7. Parámetros de selección del generador

La potencia, voltaje y parámetros técnicos del generador deben determinarse tomando en cuenta la carga, condiciones en otras partes de la planta y condiciones en el resto del sistema.

**(INEA, 1997)**

### 2.3.9. Métodos estadísticos

#### 2.3.9.1. Media aritmética

La media aritmética es una medida estadística que se calcula como la suma de todos los valores de un conjunto de datos dividida por el número de elementos de ese conjunto. Es decir, es el promedio de todos los valores. Se utiliza para obtener una representación de un conjunto de datos en un solo valor que refleje la tendencia central de los mismos. La media aritmética se calcula con la ecuación siguiente: (Triola, 2009).

$$\bar{x}(\text{adimen}) = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n(\text{adimen})}{n(\text{adimencional})} = \sum \frac{x}{n} \quad (2.10)$$

Donde:

$\bar{x}$  : Media aritmética en (adimensional)

n : Cantidad de elementos de la población en (adimensional)

$\Sigma$  : Sumatoria.

#### 2.3.9.2. Error relativo porcentual

Viene a ser la división entre el error absoluto y el valor exacto. Al multiplicarlo por 100 se obtiene el error porcentual (%). (Triola, 2009)

El error relativo se calcula con la ecuación siguiente:

$$E_r(\%) = \frac{V_e + V_v(\text{adimen})}{V_v(\text{adimen})} * 100\% \quad (2.11)$$

Donde:

$E_r$  : Error relativo en (%)

$V_e$  : valor experimental, valor medio en (adimensional)

$V_v$  : Valor verdadero.

### 2.3.10. Grados de confiabilidad

Este es el grado en que la herramienta produce resultados consistentes y consistentes. Esto significa que produce los mismos resultados cuando se usa varias veces en el mismo o más objetos. (Triola, 2009)

**Tabla 2.6**

*Grados de confiabilidad de estimación la validez de una metodología.*

0	0.5	1
0.53 o menos		Confiabilidad nula
0.54 a 0.59		Confiabilidad baja
0.60 a 0.71		Confiable
0.72 a 0.99		Excelente confiabilidad
1.0		Confiabilidad perfecta

*Fuente: (Triola, 2009)*

### 2.3.11. Alfa de Cronbach

El alfa de Cronbach es un modelo de consistencia interna basado en correlaciones promedio entre ítems. Las ventajas de esta medida incluyen la capacidad de estimar cuánto aumentaría la confiabilidad de una prueba si se eliminara un elemento determinado.

*Tabla 2.7 Rangos del alfa de Cronbach*

Alfa de Cronbach	Consistencia interna
$\alpha \geq 0.9$	Excelente
$0.8 \leq \alpha < 0.9$	Buena
$0.7 \leq \alpha < 0.8$	Aceptable
$0.6 \leq \alpha < 0.7$	Cuestionable
$0.5 \leq \alpha < 0.6$	Pobre
$\alpha < 0.5$	Inaceptable

*Fuente: (gplresearch.com)*

### **2.3.12. Lineamientos nacionales e internacionales**

Se trata de diversas normas y recomendaciones establecidas en varios memorandos y resoluciones de organismos de cuenca respecto de la expedición de permisos y licencias para el uso de agua con fines energéticos.

#### **2.3.12.1. Autoridad nacional del agua**

La Agencia Nacional del Agua (ANA) es el organismo técnico especializado del estado peruano responsable de la gestión y regulación de los recursos hídricos en el país. Su función principal es asegurar el uso sostenible de los recursos hídricos y asegurar el acceso al agua para todos los grupos sociales.

Esta agencia es responsable de desarrollar políticas y regulaciones relacionadas con el uso y gestión de los recursos hídricos, así como de gestionar y supervisar a los organismos responsables de la gestión de los recursos hídricos a nivel regional y local. Además, la ANA otorga y monitorea los derechos de agua y es responsable de monitorear y sancionar las actividades que tienen impactos negativos sobre los recursos hídricos.

La Agencia Nacional del Agua es por tanto el organismo responsable de velar por la gestión y uso sostenible de los recursos hídricos en el Perú..

Los lineamientos que tiene dicha institución en cuanto al recurso hidrológico son:

- Para los cursos de agua con un caudal promedio anual inferior a 20 m<sup>3</sup>/s, el caudal ecológico en la época de avenida no debe ser inferior al 10% del caudal medio mensual, y el caudal ecológico en la época de estiaje no debe ser inferior al 15% del caudal medio mensual.

- Para los cursos de agua con caudal promedio anual mayor o igual a 20 m<sup>3</sup>/s y menor o igual a 50 m<sup>3</sup>/s, el caudal ecológico se determina como porcentaje del caudal promedio mensual, 10% en la época de avenida y 12% del caudal promedio mensual en la época de estiaje.
- Para los cursos de agua con un caudal medio anual superior a 50 m<sup>3</sup>/s, el caudal ecológico corresponde al 10% del caudal medio mensual durante todo el año.

### 2.3.13. Resumen de ecuaciones

ÍTEMS (N <sup>o</sup> ecuaciones)	ECUACIÓN	DIFERENCIA OPERACIONAL
1	$\gamma_a = d * g$	Peso específico del agua en (kgf/(m <sup>3</sup> ))
2	$P = 9.81 * H * Q * n$	Potencia hidráulica en (kW)
3	$H_n = H_u - H_p$	Salto o altura neta en (m)
4	$H_{liq} = H_n = H_b - \%H_p * H_b$	Salto altura neta útil en (m)
5	$H_p \% = \frac{H_b - H_n}{H_b} * 100$	Perdidas hidráulicas en (%)
6	$n_s = n * \frac{P^{0.5}}{H_{liq=n}^{1.25}}$	Velocidad específica en (Adimensional)
7	$P_t = \gamma_a * H * Q * n$	Potencia de la turbina en (kW)
8	$P_g = P_t * \frac{n_g}{\cos(\varphi)}$	Potencia del generador nominal en (kW)

9	$n = \frac{120 \cdot f_p}{p}$	Velocidad del sincronismo en (RPM)
10	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \sum \frac{x}{n}$	Media aritmética
11	$E_r \% = \frac{V_{\text{valor exp.}} + V_{\text{valor verd.}}}{V_{\text{valor verd.}}} * 100\%$	Error relativo porcentual
12	$H_{\text{liqf}} = H_n$	Altura líquida final = altura neta, donde se considera Hliqf para efectos de cálculos en el Matlab y que posteriormente se iguale a Hn (altura neta)
13	$H_{\text{liqf}} = H_b - \frac{\%H_p}{100} * H_b$	Altura líquida final
14	$Q_{\text{eReglamentado}} = \frac{\%Q_{\text{eReglamentado}}}{100} * Q_{\text{Prom}} \quad (\text{m}^3/\text{s})$	Caudal ecológico reglamentado en
15	$Q_{\text{eDisponible Inicial}} = Q_{\text{Prom}} - Q_d$	Caudal ecológico disponible inicial en (m <sup>3</sup> /s)
16	$Q_{\text{eConstante}} = \frac{\%Q_{\text{eReglamentado}}}{100} * Q_d$	Caudal ecológico constante en (m <sup>3</sup> /s)
17	$V_{\text{cf}} = Q_d - Q_{\text{eConstante}}$	Caudal final del proyecto por turbina en (m <sup>3</sup> /s)
18	$q_{\text{eDisponible Final}} = Q_{\text{promd}} - V_{\text{cf}}$	Caudal ecológico final turbina en (m <sup>3</sup> /s)

19	$P_{ft} = \gamma_a * V_{cf} * H_{liqf} * N_t / 100$	Potencia final de la turbina en (kW)
20	$P_g = P_t * \frac{n_g}{100 * \cos(\varphi)}$	Potencia nominal generador en (kW)
21	$n_t = P_t * \frac{n_{sGS}}{n_{sTE}}$	Relación de transmisión

## CAPÍTULO III

### FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN DEL GRUPO DE GENERACIÓN - TURBINA GENERADOR.

#### 3.1. Pilares para definición los casos de aplicación.

Este caso se aplica a todas las minicentrales hidroeléctricas que funcionan sobre ríos, también llamadas centrales fluviales, es decir, aquellas que recogen parte del caudal del río a través de la toma y lo canalizan a través de canales y tuberías hasta la turbina. convierte la energía cinética y potencial del agua en energía mecánica. Después de generar electricidad, el agua de la turbina regresa al lecho del río. Sin embargo, deben estar disponibles registros del historial de caudal anual o mensual, incluidos los períodos de inundación y caudal bajo.

##### 3.1.1. Características y/o requisitos.

#### 1. Que la mini central hidroeléctrica proporcione un salto bruto o neto.

Esto significa que una minicentral hidroeléctrica (SHPP) proporcionará columnas de rejilla o altura de columna, columna total o altura de columna. En cuanto a la altura de elevación de la rejilla, se debe calcular su tamaño teniendo en cuenta la pérdida hidráulica o pérdida de presión de la mazarota en términos de altura o altura total. Por otro lado, la altura o elevación total debe medirse en base a la topografía, levantamiento cartográfico o técnicas altimétricas..

#### 2. Que la mini central hidroeléctrica proporcione un caudal de diseño tipo 1.

Tipo 1 o agua corriente. Esto significa que este método de asignación de codificación a caudales constantes garantiza el funcionamiento de las minicentrales hidroeléctricas y no tiene en cuenta los caudales ambientales para determinar su tamaño. Esta excepción suele deberse a dos motivos. Primero, no consideramos los caudales ambientales durante el proceso de diseño

porque el proyecto no pasó por una evaluación de impacto ambiental (EIA). En segundo lugar, no incluí los caudales ambientales presentados en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) porque no están disponibles las herramientas necesarias para demostrar los caudales ambientales para la organización de las cuencas hidrológicas.

**3. Que las obras civiles de la mini central hidroeléctrica debe diseñarse a partir del caudal de diseño tipo 1.**

Esto significa que la construcción de la minicentral hidroeléctrica (MCH) se determina en base al caudal estimado del primer tipo (es decir, agua corriente), lo que también permite realizar el proceso de diseño a través de estructuras de toma de agua (cercas) y acarreos. Realiza obras (en canales o túneles) hasta la sala de máquinas, donde tiene lugar el proceso de conversión de energía.

**4. Que la mini central hidroeléctrica proporcione historiales de caudales mensuales anuales.**

Esto significa que la minicentral hidroeléctrica de pasada (MCH) cuenta con información sobre el programa de caudal promedio mensual obtenido del hidrograma de caudal mensual. Y esta información la proporcionan las estaciones de medición hidrológica ubicadas en el río y esta información la registran los organismos de cuenca..

**3.2. Casos de aplicación.**

Se le designa el termino M.C.H Tipo 1, a la mini central hidroeléctrica de agua fluyente que presente las características siguientes en proyectos de minicentrales hidroeléctricas:

- Que la mini central hidroeléctrica (M.C.H) proporcione un salto bruto o neto.
- Que la mini central hidroeléctrica (M.C.H) proporcione un caudal de diseño tipo 1.

- Que las obras civiles de la mini central hidroeléctrica (M.C.H) debe diseñarse a partir del caudal de diseño tipo 1 (de agua fluyente).
- Que la mini central hidroeléctrica (M.C.H) proporcione historiales de caudales mensuales anuales.

### **3.3. Características de la propuesta.**

Considerando el tipo de minicentral hidroeléctrica, esta propuesta de tesis debe tener las consideraciones de ser rápida, precisa y de manera comprensible para la selección del grupo de generación turbina-generator de la minicentral hidroeléctrica.

- Rápido, porque en el proyecto de la minicentral hidroeléctrica es necesario seleccionar el grupo turbina-generator en poco tiempo.
- Comprensible, se entiende por presentar las ecuaciones, técnicas y procedimientos para seleccionar el grupo de generación turbina-generator para pequeños proyectos de minicentrales hidroeléctricas de una manera fácil de entender.
- Óptima, especialmente en la selección del grupo de generación turbina-generator para minicentrales hidroeléctricas donde sería difícil o imposible encontrar el grupo más adecuado.

### **3.4. Numero de etapas o escenarios de la propuesta.**

Para determinar el número de etapas o escenarios, en este trabajo se especifican los datos necesarios para el método y los parámetros a determinar, los cuales en conjunto permitirán seleccionar un conjunto turbogenerador para una mini central hidroeléctrica y a partir de ahí determinar la definición de ella. el escenario.

- 1. Primero:** Se requiere un escenario de altura o elevación para evaluar y determinar la elevación óptima, conocida como columna de agua final (Hliqf), teniendo en

cuenta factores de eventos actuales que pueden afectar la cantidad de elevación neta ( $H_n$ ) o elevación total ( $H_b$ ) proporcionada por minihidro.

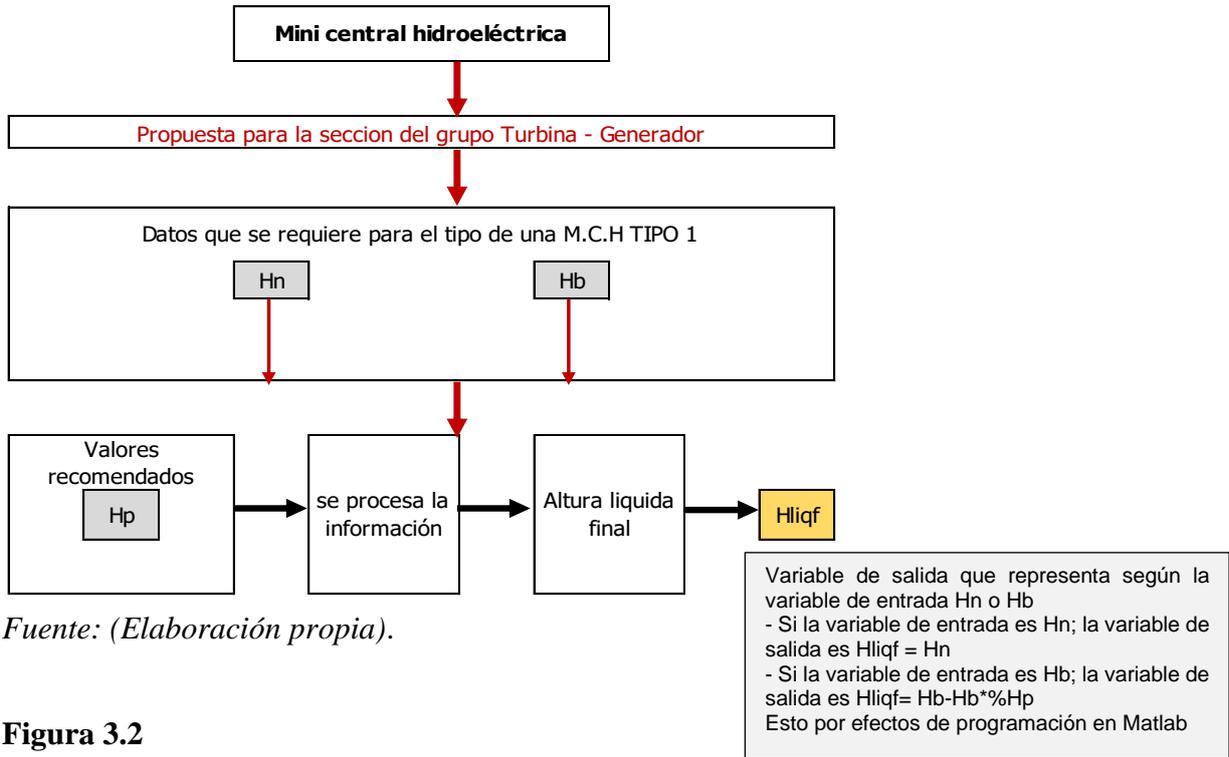
2. **Segundo:** Para estimar el caudal óptimo, conocido como caudal de diseño final de la turbina ( $vCF$ ), se necesita un escenario de flujo que tenga en cuenta factores de eventos actuales que pueden afectar la cantidad de flujo de diseño ( $Q_d$ ) debido a que lo proporciona una pequeña central hidroeléctrica.
3. **Tercero:** El escenario de potencia de la turbina es necesario porque no permite estimar y calcular la potencia óptima de la turbina requerida para una minicentral hidroeléctrica Tipo 1 (o caudal de un río), denominada potencia final de la turbina ( $P_t$ ), en el valor óptimo para la turbina. altura o altura, caudal y eficiencia.
4. **Cuarto:** Para determinar la capacidad del generador y luego utilizar el procedimiento propuesto para seleccionar el generador óptimo para una mini central hidroeléctrica se requiere de un escenario con parámetros técnicos.

### 3.5. Escenario de la altura o salto hidrológico.

En tal caso, el método deberá proporcionar la información y procedimientos necesarios para obtener la altura final ( $H_{liqf}$ ) o altura neta ( $H_n$ ), tomando como entrada el valor (altura neta o altura de agua total) proporcionado por la minicentral hidroeléctrica tipo 1. . ( ). o agua del grifo), (M.C.H. Tipo 1). Así como valores recomendados para el porcentaje de pérdidas hidráulicas asociadas a la propuesta. Por lo tanto, el método sugiere los pasos necesarios para proporcionar información, métodos y técnicas para determinar la altitud óptima como se muestra en la Figura 3.1.

**Figura 3.1**

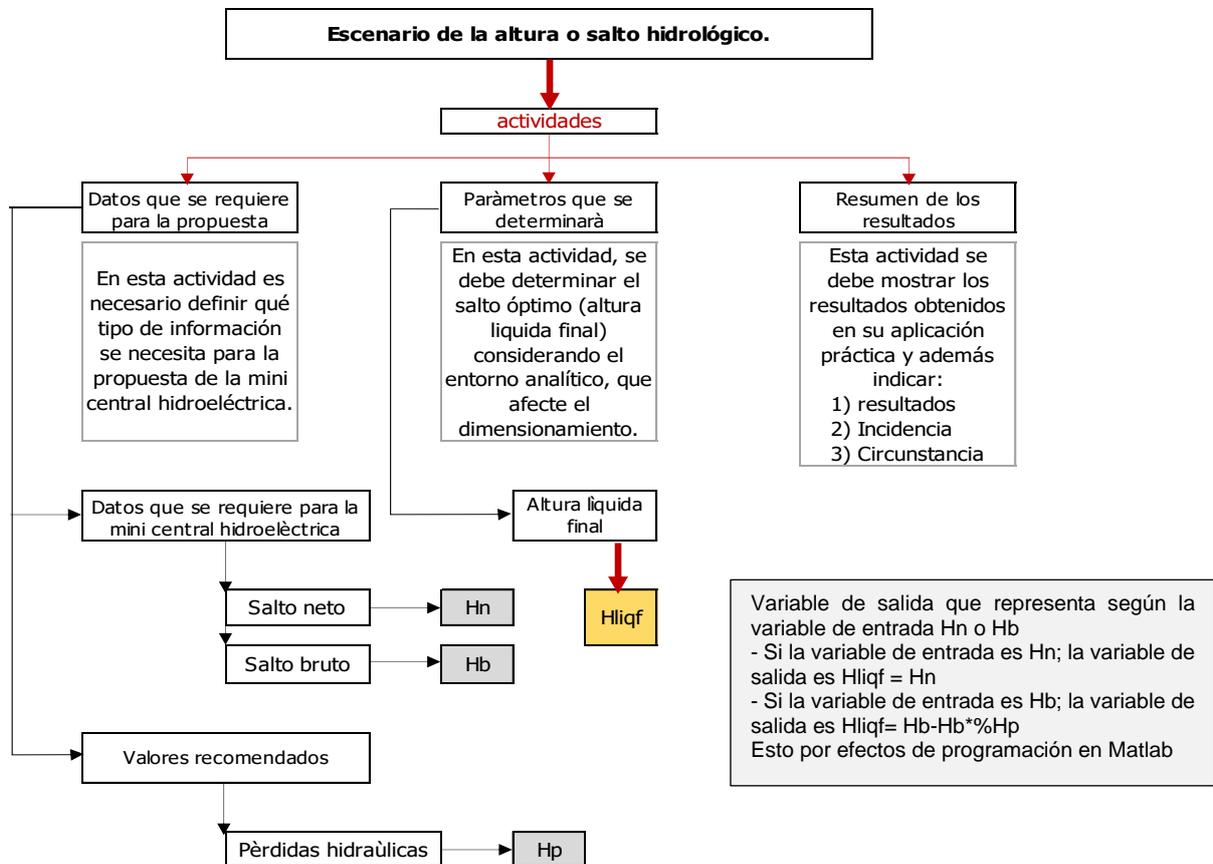
Esquema de la propuesta para el escenario de la altura o salto.



Fuente: (Elaboración propia).

**Figura 3.2**

Flujograma para el escenario de la altura o salto.



Fuente: (Elaboración propia).

En cuanto a las actividades, se desarrollarán según el diagrama de flujo de actividades que se muestra en la Figura 3.2

### **3.5.1. Datos requeridos por la propuesta.**

#### **3.5.1.1. Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica.**

##### **3.5.1.1.1. Salto o altura neta.**

La altura real ( $H_n$ ) sería un dato esencial para una minicentral hidroeléctrica Tipo 1 si incluyera la determinación de la pérdida hidráulica ( $H_p$ ) del conducto.

De igual forma, según (IDAE, 2006), la altura neta de agua ( $H_n$ ) se considera uno de los parámetros más importantes en el diseño de minicentrales hidroeléctricas y debe ser el valor máximo permisible para un área determinada, teniendo en cuenta las limitaciones que éstas presentan. Inversión: impacto ambiental y viabilidad económica, ya que la altura neta ( $H_n$ ) representará la máxima cantidad de energía que será convertida en trabajo por el eje de la turbina.

##### **3.5.1.1.2. Salto o altura bruta.**

Si no se determina la carga de presión real ( $H_n$ ), la carga de presión total ( $H_b$ ) será el dato necesario para las mini centrales hidroeléctricas M.C.H tipo 1. Vale la pena señalar que la carga de presión o carga de agua total ( $H_b$ ) se determina de acuerdo a la receta. Estudios topográficos, mapas y otros métodos (carpintería, nivelación y métodos de escala) desarrollados en minicentrales hidroeléctricas.

### **3.5.1.2. Valores recomendados.**

#### **3.5.1.2.1. Porcentaje de las pérdidas hidráulicas.**

La pérdida hidráulica ( $H_p$ ) es el valor propuesto en esta propuesta cuando se determina la presión total ( $H_b$ ) como información obligatoria en el diseño de minicentrales hidroeléctricas. Estas pérdidas suelen ser pérdidas como:

Pérdida por apertura de compuerta, pérdida de entrada de tubería, pérdida por codo, pérdida por fricción de compuerta y cálculo de pérdida de válvula.

Por otro lado, según (**IDAE, 2006, pág. 59**), la pérdida hidráulica ( $H_p$ ) es la pérdida por fricción del agua con la pared del bebedero, así como la pérdida por turbulencia al cambiar la dirección del flujo como pasa a través de una pantalla o válvula. Además, se puede suponer que la pérdida de masa en el núcleo es aproximadamente del 5% al 10% de la altura o paso total ( $H_b$ ).

Según (**Electrobras, 2000**) se mencionó que la pérdida hidráulica propuesta ( $H_p$ ) se basa principalmente en ecuaciones con porcentaje fijo, es decir, 3% de la altura o Sato total para la planta de energía bajo presa de pie y 5% de la altura o Sato total para la central eléctrica en la base de la presa es del 5%. % del importe total de los derechos de aduana en el túnel o canal de tránsito. Sin embargo, la propuesta también incluye un 3% para mini centrales hidroeléctricas ubicadas en la base de presas y una nueva tarifa para aduanas o canales de agua del 4,60%. Por lo tanto, la base para los porcentajes indicados es la tabla 3.1, la cual se determina con base en las ecuaciones 4,5,10 (ecuaciones resumen) desarrolladas en el numeral 2.3.12, obteniendo el valor recomendado las recomendaciones se basan en los valores promedio de los analizados. muestras.

**Tabla 3.1**

*Porcentaje de pérdidas hidráulicas promedio en un M.C.H de agua fluyente (aduanas en túneles y canales de conducción).*

PROYECTOS DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	Hn (m)	Hb (m)	$H_p = H_b - H_n$ (m)	%Hp $H_p\% = \frac{H_b - H_n}{H_b} * 100$
Proyecto de la pequeña central hidroeléctrica Mandor Alto Quillbamba	134.35	141.95	7.6	5.35
Estudio de factibilidad de la mini central hidroeléctrica de Nuevo Paraíso – Echarati - La Convención	37.58	39.00	1.42	3.64
Reacondicionamiento de la mini central hidroeléctrica de Urpay-Urcos-Cusco para una potencia de 400 kW	176.09	185.00	8.91	4.82
			%HpPromd	4.60

*Fuente: (Elaboración propia)*

A partir de las consideraciones anteriores, se propone la tabla 3.2 que muestra las pérdidas hidráulicas supuestas como porcentaje de la altura bruta y como valores recomendados para mini centrales hidroeléctricas M.C.H Tipo 1.

**Tabla 3.2**

*Valores recomendados de pérdidas hidráulicas de un M.C.H Tipo 1.*

Aplicación	Símbolo	Variable	Valor recomendado	Unidad
		Porcentaje de pérdidas hidráulicas, para		
	Hp (%)	aduanas en túneles o canales de aducción	4.60%	m
M.C.H Tipo 1				
	Hp (%)	Porcentaje de pérdidas hidráulicas, para casas de fuerza a pie de presa	3.00%	m

*Fuente: (Elaboración propia)*

### 3.5.2. *Determinación de los parámetros.*

#### 3.5.2.1. *Altura líquida final (Hliqf).*

Ya aclarado este término en el ítem 3.5 (figura 3.1 y 3.2).

El propósito de este escenario en esta aplicación es determinar la altura final del líquido (Hliqf). Esta es la altitud óptima para determinar la capacidad final de la turbina (Pft) de la minicentral hidroeléctrica MCH tipo 1. La cabeza de fluido final (Hliqf) se determina de acuerdo con la ecuación 12, descrita en el resumen de ecuaciones, párrafo 2.2.12 del capítulo 2. Sin embargo, en el caso de las minicentrales hidroeléctricas 1 tipo MCH, la cabeza de presión de líquido final se determina por la altura de presión del líquido final (Hliqf) o cabeza neta (Hn) según los datos requeridos.

$$\mathbf{Hliqf(m) = Hn (m)} \quad (3.1)$$

Donde:

Hliqf : Salto o altura líquido final en (m)

Hn : Salto neto a altura neta en (m)

Sin embargo, la altura final del líquido (Hliqf) se determinará a partir de la ecuación (13), en el caso de la mini central eléctrica M.C.H TIPO 1, tome la altura total de la columna de agua (Hb) como el dato requerido de la mini central hidroeléctrica, esta ecuación es equivalente a la ecuación (4), dada por (ELETROBRÁS, 2000) para una pequeña central hidroeléctrica.

Sin embargo, la altura de agua final (Hliqf) se determinará de acuerdo con la ecuación (13, resumen de la ecuación, punto 2.2.12) cuando la minicentral hidroeléctrica MCH tipo 1 proporcione la altura o cabeza de agua total (Hb) de acuerdo con los datos solicitados. . Esta ecuación es equivalente a la ecuación 4 dada por (ELECTROBRAS, 2000).

$$H_{liqf}(m) = Hb(m) - \frac{Hp(\%)}{100} * Hb(m) \quad (3.2)$$

Donde:

$H_{liqf}$  : Altura líquida final en (m)

$Hb$  : Salto bruto en (m) según el ítem 3.5.1.1.2

$\%Hp$  : Pérdidas hidráulicas en (%), con recomendación del 3.5% o 3% según la tabla 3.2

### 3.5.3. *Análisis y resumen de resultados.*

Para este encargo, la propuesta deberá proporcionar una visión general de los resultados obtenidos de la aplicación práctica y describir los eventos, situaciones y comentarios que determinan la altura de líquido final ( $H_{liqf}$ ) para el fabricante de la mini máquina hidroeléctrica Tipo 1 M.C.H.

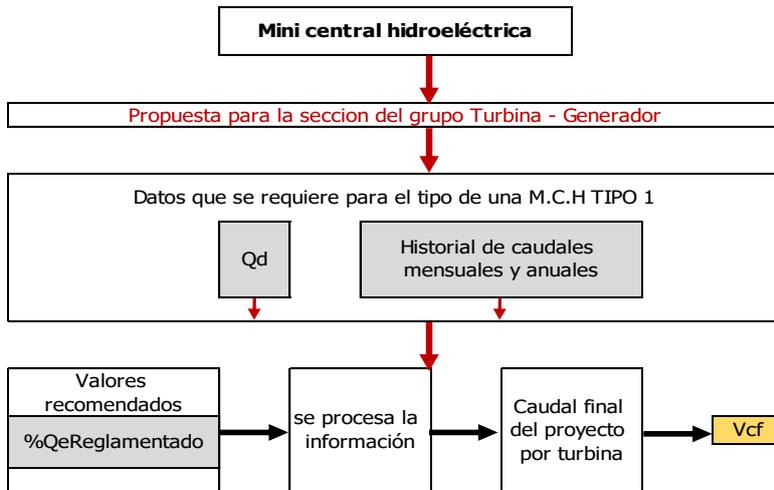
### 3.6. **Escenario de caudales.**

En este caso, el método debe proporcionar la información y los procedimientos necesarios para obtener el caudal de diseño final de la turbina ( $V_{cf}$ ), tomando los valores de entrada especificados (caudal de diseño Tipo 1 y caudales históricos anuales y mensuales). De M.C.G. Tipo 1; así como el valor recomendado (consumo medio porcentual fijo regulable). Además, para el proyecto, el caudal de la turbina ( $V_{cf}$ ) no sólo debe ser constante sino que también debe cumplir con los requisitos de mantenimiento del caudal ambiental a menudo establecidos por las organizaciones de cuencas fluviales. Por lo tanto, el método propuesto desarrolla los pasos necesarios para proporcionar información, métodos y técnicas para determinar el proceso óptimo, como se muestra en el diagrama Figura 3.3.

En cuanto a las actividades, se desarrollarán según el diagrama de actividades propuesto en la Figura 3.4.

**Figura 3.3**

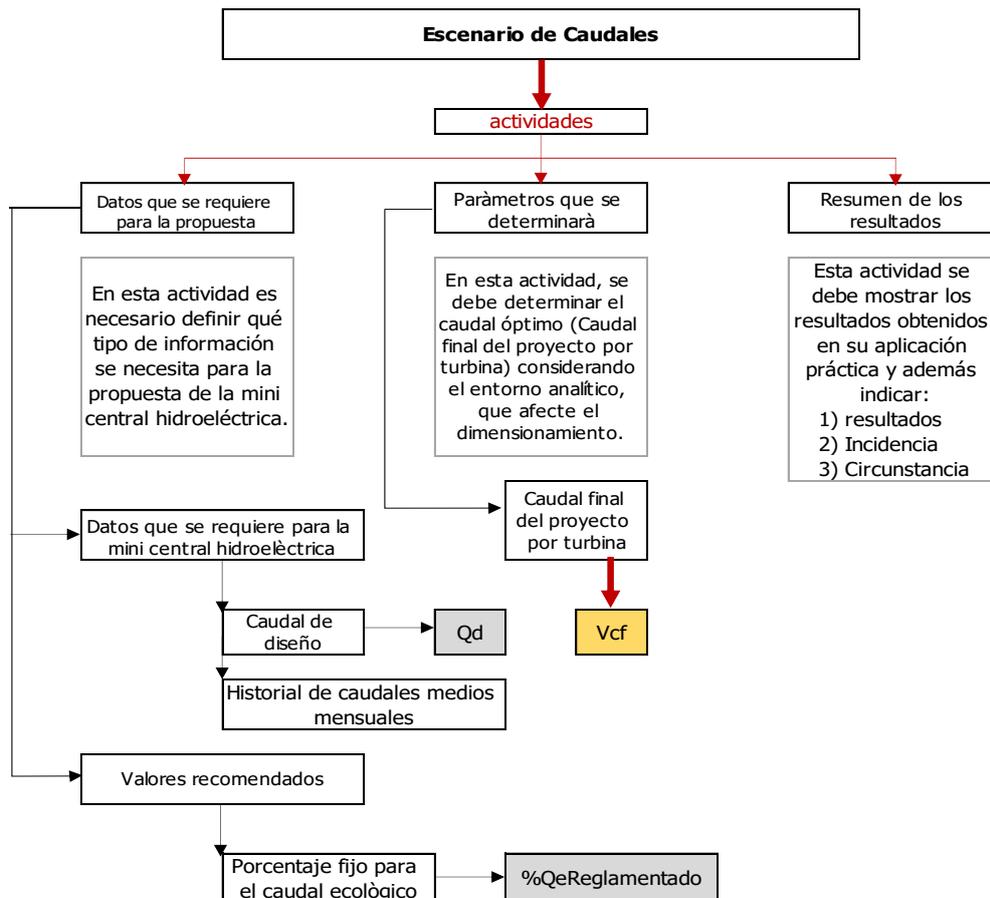
Esquema de la propuesta para el escenario de caudales.



Fuente: (Elaboración propia).

**Figura 3.4**

Flujograma para el escenario de caudales.



Fuente: (Elaboración propia).

### 3.6.1. Datos requeridos por la propuesta.

#### 3.6.1.1. Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica.

##### 3.6.1.1.1. Datos históricos de caudales mensuales anuales.

Uno de los datos necesarios para una mini central hidroeléctrica tipo M.C.H. es el diagrama de flujo promedio mensual que se presenta en la Tabla 3.3. Tipo 1 (agua corriente). Además, la historia de estos caudales mensuales es el resultado de muchas mediciones diferentes a lo largo de meses y años, recopiladas utilizando diversas herramientas de información hidrológica como:

- Hidrogramas.
- Ecuaciones empíricas.
- Curva de duración de caudales (porcentaje de persistencia de caudales)
- Información que se registra por alguna entidad de cuenca encargada en hidrología pertenecientes a cada país.

**Tabla 3.3**

*Historial de caudales medios mensuales.*

<b>Historial de caudales medios mensuales</b>					
Meses	Años				
	1	2	3	4	5
Enero	8.89	8.22	6.80	8.35	9.09
Febrero	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88
Marzo	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48
Abril	6.80	8.22	8.15	7.48	6.67
Mayo	6.67	5.79	7.41	6.40	5.32
Junio	6.47	6.13	5.52	6.00	5.86
Julio	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59
Agosto	5.05	5.79	6.20	5.32	6.40

Setiembre	5.52	6.40	5.66	5.73	5.66
Octubre	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25
Noviembre	6.40	7.68	6.80	7.41	5.73
Diciembre	7.41	8.76	7.07	6.80	7.55

*Fuente: (Central hidroeléctrica de Chuyapi)*

Cabe señalar que la propuesta considera los caudales históricos anuales y mensuales como datos necesarios. A partir de esta información se realizarán análisis para establecer nuevos caudales óptimos, teniendo en cuenta los caudales ambientales asociados de forma continua para mantener los caudales necesarios para conservar y proteger. el medio ambiente. Por otro lado, el flujo de diseño, como se mencionó anteriormente, se puede obtener de diversas formas: usando ecuaciones empíricas, midiendo la densidad o usando una curva porcentual de flujo constante. En este caso, el caudal de diseño se estimará mediante el método de la curva de flujo-tiempo (como porcentaje de la inercia del flujo):

**Tabla 3.4**

*Porcentaje de persistencia de caudales medios mensuales.*

PORCENTAJE DE PERSISTENCIA DE CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES PARA Q <sub>d</sub>							
Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)
100%	<b>5.05</b>	74%	5.75	48%	6.67	22%	7.75
99%	5.17	73%	5.79	47%	6.71	21%	7.83
98%	5.27	72%	5.79	46%	6.79	20%	7.94
97%	5.31	71%	5.80	45%	6.80	19%	8.09
96%	5.32	70%	5.84	44%	6.80	18%	8.15
95%	5.32	69%	5.86	43%	6.80	17%	8.15
94%	5.32	68%	5.86	42%	6.80	16%	8.19
93%	5.34	67%	5.86	41%	6.80	15%	8.22
92%	5.42	66%	5.87	40%	6.86	14%	8.22
91%	5.48	65%	5.95	39%	6.94	13%	8.26
90%	5.52	64%	6.03	38%	7.02	12%	8.34
89%	5.52	63%	6.11	37%	7.13	11%	8.42
88%	5.53	62%	6.13	36%	7.33	10%	8.50
87%	5.57	61%	6.13	35%	7.41	9%	8.58
86%	5.59	60%	6.17	34%	7.41	8%	8.66
85%	5.59	59%	6.24	33%	7.41	7%	8.74

84%	5.62	58%	6.36	32%	7.41	6%	8.82
83%	5.66	57%	6.40	31%	7.41	5%	8.90
82%	5.66	56%	6.40	30%	7.43	4%	8.94
81%	5.66	55%	6.40	29%	7.47	3%	8.99
80%	5.66	54%	6.40	28%	7.48	2%	9.07
79%	5.66	53%	6.40	27%	7.48	1%	9.09
78%	5.66	52%	6.42	26%	7.52	0%	9.09
77%	5.70	51%	6.46	25%	7.58		
76%	5.73	50%	6.57	24%	7.66		
75%	5.73	49%	6.67	23%	7.71		

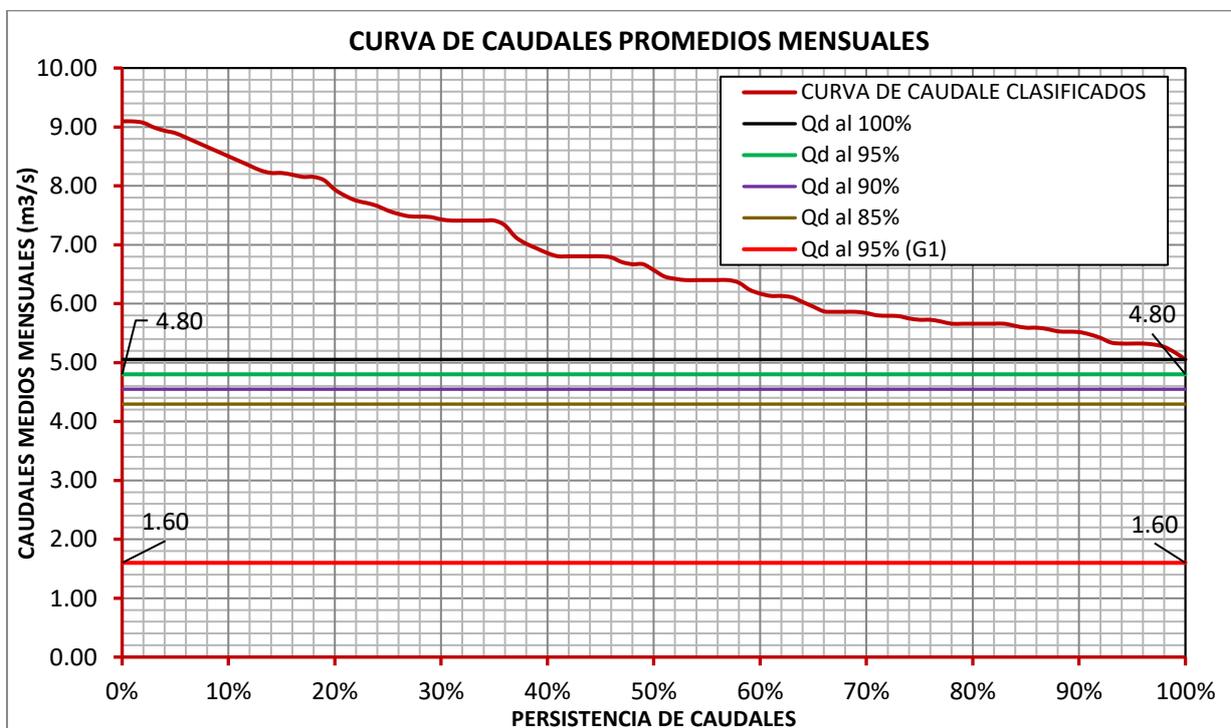
  

Caudal con mayor persistencia (Qd)	<b>5.05</b>	(90% Qd) =	4.55
<u>(95%Qd) =</u>	<u><b>4.80</b></u>	ESHA	(85% Qd) = 4.29
<u>(95%QdG1) =</u>	<u><b>1.60</b></u>	CAUDAL GRUPO 1	
<u>(95%QdG2) =</u>	<u><b>1.60</b></u>	CAUDAL GRUPO 2	
<u>(95%QdG3) =</u>	<u><b>1.60</b></u>	CAUDAL GRUPO 3	

Fuente: (Elaboración propia)

**Figura 3.5**

Curva de persistencia de caudales medios mensuales.



Fuente: (Elaboración propia).

### **3.6.1.1.2. Caudal de diseño tipo 1.**

Otros datos necesarios para un proyecto minicentralhidráulico (MCH Tipo 1) es el caudal de diseño Tipo 1 (agua corriente). Por tanto, el caudal específico ( $Q_d$ ) es el caudal proporcionado por la hidrología sin considerar el caudal ambiental ( $Q_e$ ) a la hora de determinar la escala de las obras de construcción por las siguientes razones:

- **Primero**, los caudales ecológicos no fueron incluidos en el proceso de diseño ( $Q_d$ ) porque el proyecto no realizó un Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A).
- **Segundo**, los caudales ecológicos proporcionados por los estudios de impacto ambiental (EIA) no se incluyen porque no cuentan con la disponibilidad de las herramientas necesarias para fundamentar sus caudales ecológicos frente a la estación de los organismos de cuencas hidrográficas.

(Ortiz, 2001), Se menciona que la línea de diseño ( $Q_d$ ) es la línea capaz de asegurar el funcionamiento de la instalación durante la mayor parte del año a su máxima capacidad disponible, asegurando así la continuidad del proceso productivo, dichos sistemas energéticos e hidrológicos se amortizan en un período razonable. de tiempo. período.

### **3.6.1.2. Valores recomendados.**

#### **3.6.1.2.1. Porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado.**

Según (IDAE, 2006), los caudales ecológicos se definen por la organización de las cuencas; si no se conocen, se estima primero que equivalen al 10% del caudal medio anual. Por otro lado, (Alvarez & Huaman, 2022), para condiciones ecológicas débiles o degradadas se considera un 10% de períodos de avenida y un 30% para épocas de estiaje (método de Tennant).

Además, la Autoridad Nacional del Agua (NWA) toma en cuenta las siguientes normas y recomendaciones en sus resoluciones y comentarios sobre proyectos hidroeléctricos:

Para ríos con un caudal promedio anual inferior a 20 m<sup>3</sup>/s, el caudal ambiental durante el período de crecida no debe ser inferior al 10% del caudal medio mensual y el caudal ambiental durante el período seco no debe ser inferior al 10% del caudal medio anual. el caudal medio mensual supera el 15%. . consumo medio mensual.

Considerando que el caudal promedio anual para la operación de mini centrales hidroeléctricas suele ser inferior a 20 m<sup>3</sup>/s, y considerando el débil estado ecológico sugerido por el método de Tennant. Esta propuesta recomienda un porcentaje fijo para la regulación ecológica del caudal del 15% independientemente de si se trata de un período de avenida o estiaje. Los resultados se basan en la tabla 3.5 y el valor recomendado se obtiene mediante la fórmula (10, ítems 2.2.12 resumen de fórmulas) en función del valor promedio de las muestras analizadas.

**Tabla 3.5**

*Porcentaje fijo de caudales ecológicos.*

Método	Porcentaje de valor fijo
Método Montana	10
Método Montana	30
Método ANA	10
Método ANA	15
Método IDEA	10
Promedio	15

*Fuente: (Montana, ANA y IDEA)*

Este valor promedio de porcentaje fijo del caudal ecológico regulado se obtiene de unidades u organismos expuestos a diferentes modos.

Por lo tanto, luego de las consideraciones anteriores, se propone la tala 3.5 donde se muestra los valores porcentajes fijos adoptados para la regulación de caudales ecológicos como valores recomendados para mini centrales eléctricas M.C.H Tipo 1.

**Tabla 3.6**

*Valor recomendado para el porcentaje fijo del caudal ecológico reglamentado en un M.C.H Tipo 1.*

Aplicación	Símbolo	Variable	Valor recomendado	Unidad
M.C.H Tipo 1	Qe(%)Reglamentado	Porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado	15	%

*Fuente: (Elaboración propia)*

### 3.6.2. Determinación de los parámetros.

#### 3.6.2.1. Caudal promedio.

Según (Ortiz, 2001), el flujo medio corresponde al flujo promedio en un determinado período o período de tiempo; es decir, diaria, mensual o anual. Por tanto, el caudal medio (Qaverage) es un parámetro secundario necesario en este método, que se obtendrá a partir de una serie de mediciones de caudal medio mensual en diferentes años. Estas mediciones son proporcionadas por el tráfico mensual promedio histórico en M.C.G. Primer tipo. Si la minicentral hidroeléctrica es propiedad de M.G.G. 1. tipo, el consumo medio mensual (Qaverage) se determina según la ecuación (10, punto 2.2). .12, resumen de fórmulas).

$$Q_{prom} = \bar{x}(\text{adimen}) = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n(\text{adimen})}{n(\text{adimencional})} = \sum \frac{x}{n} \quad (3.3)$$

Donde:

$Q_{prom}$ : Caudal promedio para cada mes a partir del historial de caudales mensuales en ( $m^3/s$ )

$\bar{x}$  : Media aritmética en (adimensional)

$n$  : Cantidad de elementos de la población en (adimensional)

$\Sigma$  : Sumatoria.

### 3.6.2.2. Caudal mínimo.

(Ortiz, 2001), menciona que el caudal mínimo es el caudal que debe proporcionar el cauce del río para brindar humedad a la fauna y flora. Sin embargo, ciertos caudales mínimos corresponden a caudales de sequía. El caudal mínimo ( $Q_{min}$ ) es un parámetro auxiliar requerido por el método, que resulta de la selección de un valor histórico mínimo o una serie de mediciones de caudal mensuales anuales y es la cantidad de caudal histórico más importante en diversos análisis. cada mes en diferentes años. El caudal mínimo ( $Q_{min}$ ) se determina en base a todos los resultados de la selección del caudal más bajo ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) para la minicentral hidroeléctrica M.C.H. TIPO 1. Por lo tanto, dado que se elige el caudal mínimo, el método para determinarlo es utilizando la siguiente variable.

**$Q_{min}$** : es el caudal mínimo por mes, producto del historial de caudales medios mensuales en ( $m^3/s$ ).

### 3.6.2.3. Caudal ecológico reglamentado.

El caudal ambiental regulado ( $Q_{eReglamentado}$ ) es un parámetro secundario propuesto en el método, el cual indica la cantidad mínima de agua que se debe instalar para mantener una mini central hidroeléctrica tipo M.C.H. Primer tipo. Y el costo ambiental en sí es un costo ambiental. Caudales propuestos por cada organismo nacional de cuenca..

El caudal ecológico reglamentado ( $Q_e$  Reglamentado) se determina de forma mensual a partir de la ecuación 14 (ítems 2.2.12, resumen de ecuaciones) para la minicentral del tipo M.C.H Tipo 1:

$$Q_{e\text{Reglamentado}}(\text{m}^3/\text{s}) = \frac{\%Q_{e\text{Reglamentado}}(\text{m}^3/\text{s})}{100} * Q_{\text{Prom}}(\text{m}^3/\text{s}) \quad (3.4)$$

Donde:

$Q_{e\text{Reglamentado}}$  : Caudal ecológico reglamentado en ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Q_{\text{prom}}$  : Caudal promedio determinado según ítems 3.6.2.1 en ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$\%Q_{e\text{Reglamentado}}$  : Porcentaje del caudal ecológico reglamentado, viene a ser el 15% según la tabla 3.6.

#### 3.6.2.4. Caudal ecológico disponible inicial.

El caudal ambiental inicial disponible ( $Q_{e\text{DisponibleInicial}}$ ) es el exceso de caudal ambiental disponible para utilizar el caudal de diseño ( $Q_d$ ) de la minicentral hidroeléctrica Tipo 1 propuesta. El objetivo de este flujo es demostrar si el exceso de agua inicial es suficiente o no. para cumplir con los requisitos de directrices o criterios establecidos por el área de influencia de la organización.

La Ecuación 15 estima el flujo medio inicial disponible ( $Q_{e\text{DisponibleInicial}}$ ) por mes (ítems 2.2.12, resumen de ecuaciones) para la minicentral del tipo M.C.H Tipo 1.

$$Q_{e\text{Disponible Inicial}}(\text{m}^3/\text{s}) = Q_{\text{Prom}}(\text{m}^3/\text{s}) - Q_d(\text{m}^3/\text{s}) \quad (3.5)$$

Donde:

$Q_{e\text{DisponibleInicial}}$  : Caudal ecológico disponible inicial en ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Q_{\text{prom}}$  : Caudal promedio determinado según ítems 3.6.2.1 en ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Q_d$  : Caudal de diseño tipo 1, determinado en el ítem 3.6.1.1.1 en  $(m^3/s)$

### 3.6.2.5. Caudal ecológico constante.

Un flujo ambiental constante ( $Q_{eConstante}$ ) es un flujo ambiental que es continuo durante todos los meses del año, destinado a representar el grado en que los flujos de diseño de Clase 1 se pueden reducir para cumplir con los requisitos de cualquier directriz o criterio organizacional de la cuenca.

La ecuación 16 se utiliza para estimar el flujo constante en el medio ( $Q_{eConstante}$ ). (ítems 2.2.12, resumen de ecuaciones) para la minicentral del tipo M.C.H Tipo 1:

$$Q_{eConstante} (m^3/s) = \frac{\%Q_{eReglamentado} (m^3/s)}{100} * Q_d (m^3/s) \quad (3.6)$$

Donde:

$Q_{eConstante}$  : Caudal Constante en  $(m^3/s)$

$\%Q_{eReglamentado}$  : Porcentaje del caudal ecológico reglamentado, viene a ser el 15% según la tabla 3.5.

$Q_d$  : Caudal de diseño tipo 1, determinado en el ítem 3.6.1.1.1 en  $(m^3/s)$ .

### 3.6.2.6. Caudal final del proyecto por turbina.

El propósito de este escenario es determinar el caudal de diseño final de la turbina ( $V_{cf}$ ) para una mini central hidroeléctrica Tipo 1. Este es el caudal óptimo para estimar y determinar la capacidad de turbidez final ( $P_{ft}$ ). Este método también considera que este parámetro es el más óptimo, ya que su tamaño cubre el flujo constante del ambiente y permite reservar la cantidad de agua necesaria para la conservación y protección del medio ambiente,

permitiéndole así poseer una licencia de uso. agua con fines energéticos. La Ecuación 17 se utiliza para estimar el flujo de diseño de la turbina ( $V_{cf}$ ). (ítems 2.2.12, resumen de ecuaciones) para la minicentral del tipo M.C.H Tipo 1:

$$V_{cf}(\text{m}^3/\text{s}) = Q_d(\text{m}^3/\text{s}) - Q_{e\text{Constante}}(\text{m}^3/\text{s}) \quad (3.7)$$

Donde:

$V_{cf}$  : Caudal final del proyecto por turbina en ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$Q_d$  : Caudal de diseño tipo 1, determinado en el ítem 3.6.1.1.1 en ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$Q_{e\text{Constante}}$  : Caudal Constante en ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) determinada en el ítem 3.6.2.5.

### 3.6.2.7. Caudal ecológico disponible final.

La corriente media final disponible ( $Q_{e\text{DisponibleFinal}}$ ) es un parámetro secundario propuesto en este método que representa el exceso de corriente resultante de aplicar la corriente final de diseño en cada turbina ( $V_{cf}$ ). Su finalidad es determinar si la cantidad de agua restante es suficiente para cumplir con los requisitos de las directrices, normas, directivas o reglamentos fijados por el organismo de cuenca. Estimar el flujo final disponible en el medio ambiente. ( $Q_{e\text{DisponibleFinal}}$ ), se utiliza la ecuación 18 (ítems 2.2.12, resumen de ecuaciones) para la minicentral del tipo M.C.H Tipo 1:

$$Q_{e\text{DisponibleFinal}}(\text{m}^3/\text{s}) = Q_{\text{prom}}(\text{m}^3/\text{s}) - V_{cf}(\text{m}^3/\text{s}) \quad (3.8)$$

Donde:

$Q_{e\text{DisponibleFinal}}$  : Caudal ecológico disponible final en ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$Q_{\text{prom}}$  : Caudal promedio en ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), determinado en el ítem 3.6.2.1.

$V_{cf}$  : Caudal final del proyecto por turbina en ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) determinando en el ítem 3.6.2.6.

### **3.6.3. *Análisis y resumen de resultados.***

Como parte de esta actividad, la propuesta debe proporcionar una visión general de los resultados obtenidos en una aplicación práctica, así como describir los eventos, situaciones y consideraciones que determinan el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) para un minicentral hidráulica Tipo 1.

Por otro lado, en este escenario es posible construir exitosamente una estructura con gráficos y tablas, valores asumidos, parámetros por determinar y datos necesarios para evaluar nuevas líneas de diseño antes de crear la cuenca..

### **3.7. Escenario de potencias de turbina.**

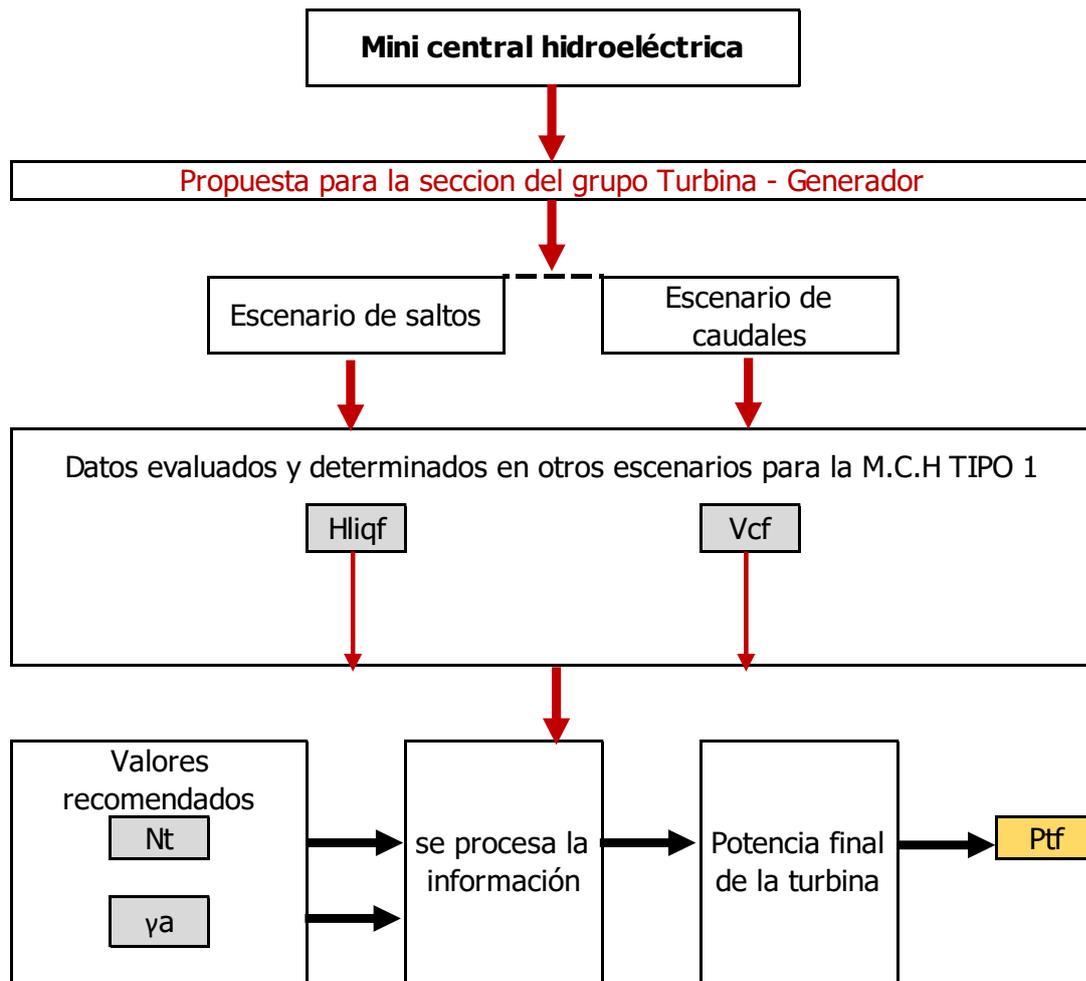
En este escenario, el método propone la información y los procesos necesarios para alcanzar la potencia final de la turbina ( $P_{tf}$ ), tomando como entrada los valores estimados en los escenarios anteriores (escenarios de oleada y flujo de oleada) y valores recomendados. tales como: eficiencia de la turbina y gravedad específica del agua. MCH tipo 1.

Por lo tanto, el método propuesto desarrolla los pasos necesarios para proporcionar información, métodos y técnicas para determinar el proceso óptimo, como se muestra en el diagrama Figura 3.6.

En cuanto a las actividades, se desarrollarán según el diagrama de actividades propuesto en la Figura 3.7.

### **Figura 3.6**

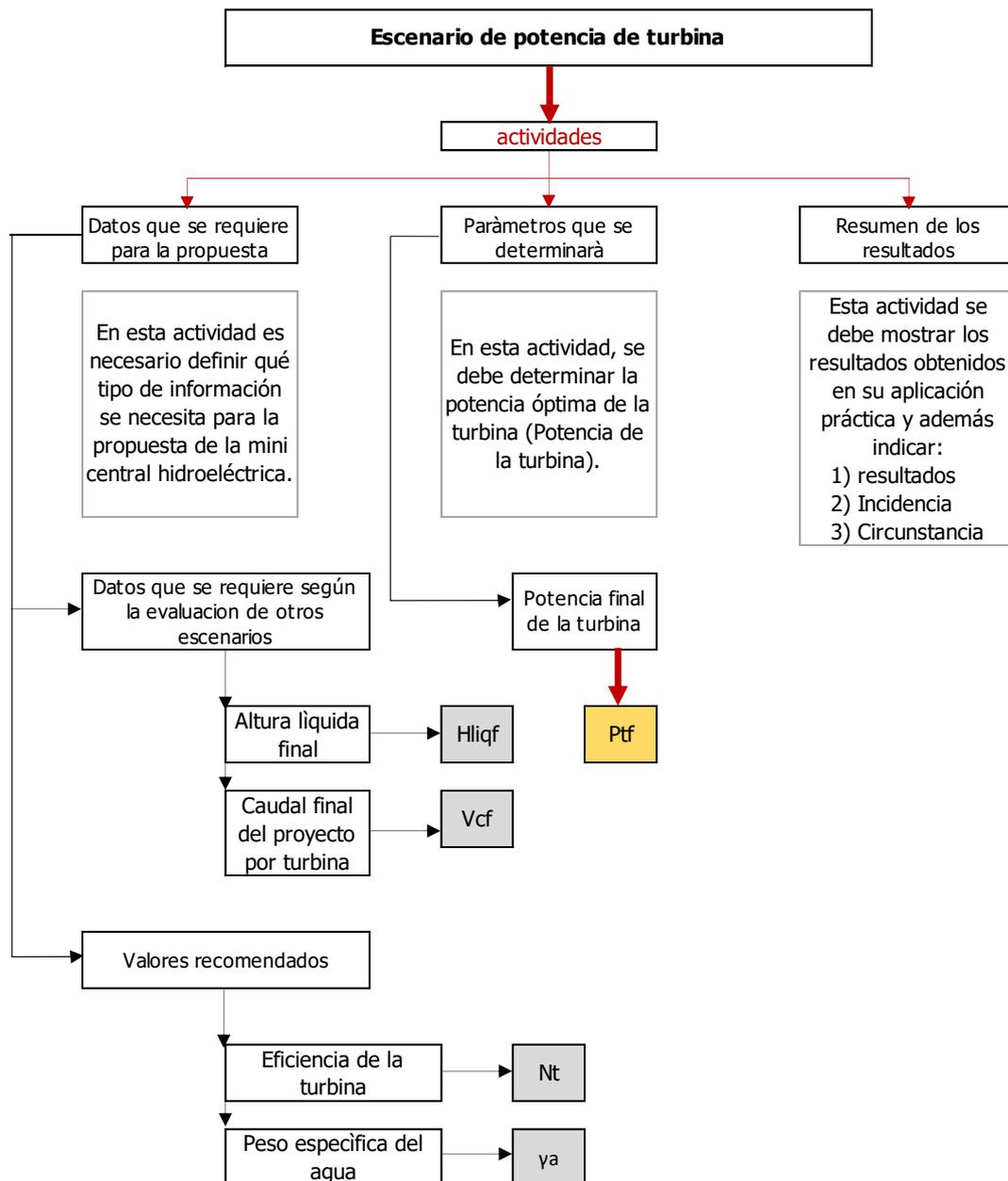
*Esquema de la propuesta para el escenario de la potencia de turbina.*



Fuente: (Elaboración propia).

**Figura 3.7**

*Flujograma para el escenario de la potencia de la turbina.*



Fuente: (Elaboración propia).

### 3.7.1. Datos requeridos por la propuesta.

#### 3.7.1.1. Datos requeridos de otros escenarios.

##### 3.7.1.1.1. Salto o altura líquida final.

El parámetro que se determinó en el escenario de saltos fue la altura líquida final (Hliqf). Siendo esta el salto óptimo debido a la determinación de escenarios analíticos tomando en cuenta las más mínimas consideraciones posibles.

#### **3.7.1.1.2. Caudal final del proyecto por turbina.**

El caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) también es un parámetro que se ha determinado en el escenario de caudal utilizando este método. Este es un proceso óptimo al definir escenarios de análisis con la menor cantidad de consideraciones posible.

#### **3.7.1.2. Valores recomendados.**

##### **3.7.1.2.1. Porcentaje de eficiencia de la turbina.**

La eficiencia de la turbina ( $N_t$ ) mide la eficacia con la que una turbina convierte la energía hidráulica en energía mecánica. El valor estimado de esta variable es del 77%, es decir 0,77, que es el valor recomendado para la investigación de minicentrales hidroeléctricas. (Ortiz, 2001).

Por otro lado, en este método este valor se considera muy bajo porque la eficiencia de la turbina ( $N_t$ ) aumenta con el desarrollo de la tecnología de producción de máquinas eléctricas rotativas. Por tanto, este método proporciona un nuevo valor para la eficiencia de la turbina ( $N_t$ ) de una minicentral hidroeléctrica. Además, para determinar el valor constante del coeficiente de rendimiento ( $N_t$ ), este método analiza el rendimiento de las turbinas existentes, teniendo en cuenta las últimas publicaciones sobre minicentrales hidroeléctricas con el fin de demostrar el valor especificado. Por tanto, el método recomienda una eficiencia de la turbina del 88,77%. Este resultado se basa en la Tabla 3.7, calculada a partir de la Ecuación 10, párrafo 2.2.12, Resumen de ecuaciones. Este es el valor recomendado basado en el promedio de las muestras analizadas.

**Tabla 3.7**

*Porcentaje de eficiencias promedio de turbinas a partir de valores propuestos por las instituciones y/u organismos.*

Tipo de turbinas	Publicaciones	Eficiencia (Nt)
Turbina Pelton	IDAE, 2006	90%
Turbina flujo cruzado	IDAE, 2006	85%
Turbina Francis	IDAE, 2006	90%
Turbina hélice, kaplan y semi Kaplan	IDAE, 2006	90%
Turbina tubular	IDAE, 2006	91%
Turbina bulbo	IDAE, 2006	92%
Turbina Pelton	INEA, 1997	91%
Turbina turgo	INEA, 1997	85%
Turbina michell banky	INEA, 1997	82%
Turbina bomba rotodinámica	INEA, 1997	80%
Turbina Francis	INEA, 1997	92%
Turbina hélice, Kaplan	INEA, 1997	93%
Turbina Axialesk	INEA, 1997	93%
	Promedio	88.77%

*Fuente: (IDAE e INEA )*

A partir de las consideraciones anteriores, se propone la tabla 3.8 que muestra la eficiencia de la turbina considerado valor recomendado para mini centrales hidroeléctricas M.C.H tipo 1.

**Tabla 3.8**

*Valores recomendados de perdidas hidráulicas de un M.C.H Tipo 1 (de cagua fluyente).*

Aplicación	Símbolo	Variable	Valor recomendado	Unidad
M.C.H Tipo 1	Nt	Eficiencia de la turbina	88.77	%

*Fuente: (Elaboración propia)*

### 3.7.1.2.2. Peso específico del agua.

La gravedad específica del agua, denotada por el símbolo ( $\gamma_a$ ), es un valor constante que representa el peso del agua por unidad de volumen. Además, el método utiliza el valor ( $9,81 \times 10^3 \text{ N/m}^3$ ), el cual se demuestra con la ecuación 1, párrafo 2.2.12, que resume las ecuaciones. Por lo tanto, luego de las consideraciones anteriores, se propone la Tabla 3.9, la cual presenta el valor recomendado de gravedad específica del agua para la mini central hidroeléctrica MCH tipo 1.

**Tabla 3.9**

*Valor del peso específico del agua recomendada en una M.C.H Tipo 1.*

Aplicación	Símbolo	Variable	Valor recomendado	Unidad
M.C.H Tipo 1	$\gamma_a$	Peso específico del agua	9.81	$\text{kN/m}^3$

*Fuente: (Elaboración propia)*

### 3.7.2. Determinación de los parámetros.

#### 3.7.2.1. Potencia final de la turbina.

Dado que la potencia final de la turbina (Pft) es el trabajo que realiza la turbina hidráulica para convertir la energía hidráulica en energía mecánica con las mínimas pérdidas posibles.

La capacidad final de la turbina (Pft) en la minicentral hidroeléctrica se determinará según la ecuación 19, ítems 2.2.12 resumen de ecuaciones. Esta ecuación corresponde a la ecuación 4 dada por (INEA, 1997) para mini centrales hidroeléctricas.

$$P_{ft}(\text{Kw}) = \gamma_a (\text{kg}/(\text{m}^2 \text{s}^2)) * V_{cf} (\text{m}^3/\text{s}) * H_{liqf} (\text{m}) * \frac{N_t}{100} (\text{adimen}) \quad (3.9)$$

Donde:

Pft : Potencia final de la turbina en (kW)

Ya : Peso específico del agua en (kN/m<sup>3</sup>), dicho valor es de 9.81 según la tabla 3.9 determinadas en el ítem 3.7.1.2.2.

Hliqf : Altura líquida final o Hn en (m) determinada en el ítem 3.5.2.1.

Vcf : Caudal final del proyecto por turbina en (m<sup>3</sup>/s) determinada en el ítem 3.6.1.6.

Nt : Eficiencia de la turbina en (%) siendo esta el 88.77, valor recomendado y determinado según el ítem 3.7.1.2.1. tabla 3.7.

### **3.7.3. *Análisis y resumen de resultados.***

En esta actividad, la propuesta debe proporcionar una visión general de los resultados obtenidos en una aplicación práctica y describir los hechos, situaciones y consideraciones encontradas al determinar la capacidad final de la turbina (Pft) para una mini central hidroeléctrica Tipo 1.

### **3.8. Escenario de características técnicas generador.**

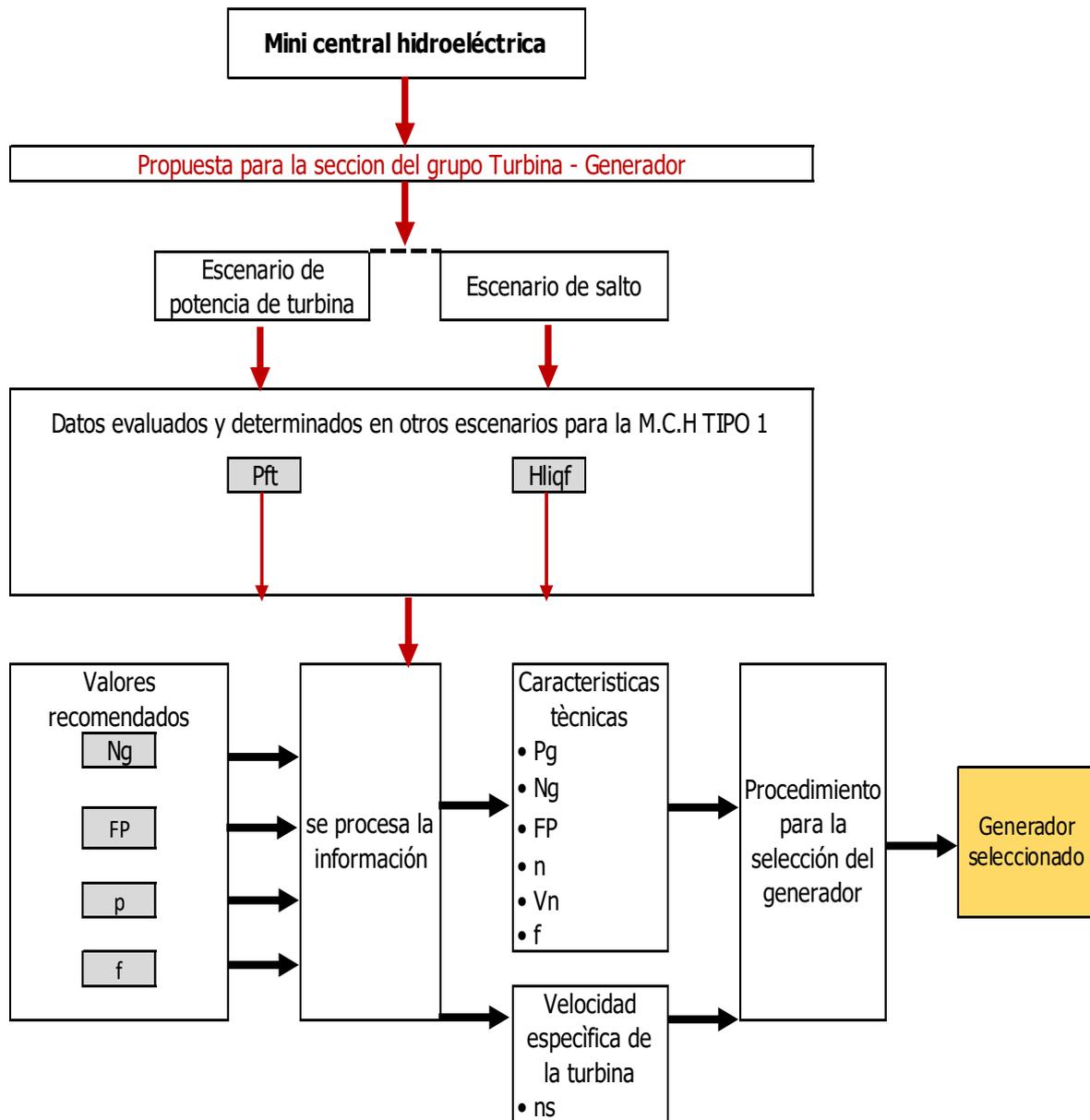
Para este escenario, este método proporciona la información y los procedimientos necesarios para obtener especificaciones específicas de velocidad del generador y de la turbina, teniendo en cuenta los valores determinados en los escenarios (escenario de potencia de la turbina y escenario de salto hidráulico), y los valores propuestos para (escenario del generador). eficiencia, factor de potencia, frecuencia, número de polos y tensión nominal).

Por lo tanto, el método propuesto desarrolla las actividades necesarias para proporcionar información, métodos y técnicas para determinar la selección de generadores para mini centrales hidroeléctricas como se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 3.8.

En cuanto a las actividades, se desarrollarán según el diagrama de flujo de actividades propuesto que se muestra en la figura 3.9.

**Figura 3.8**

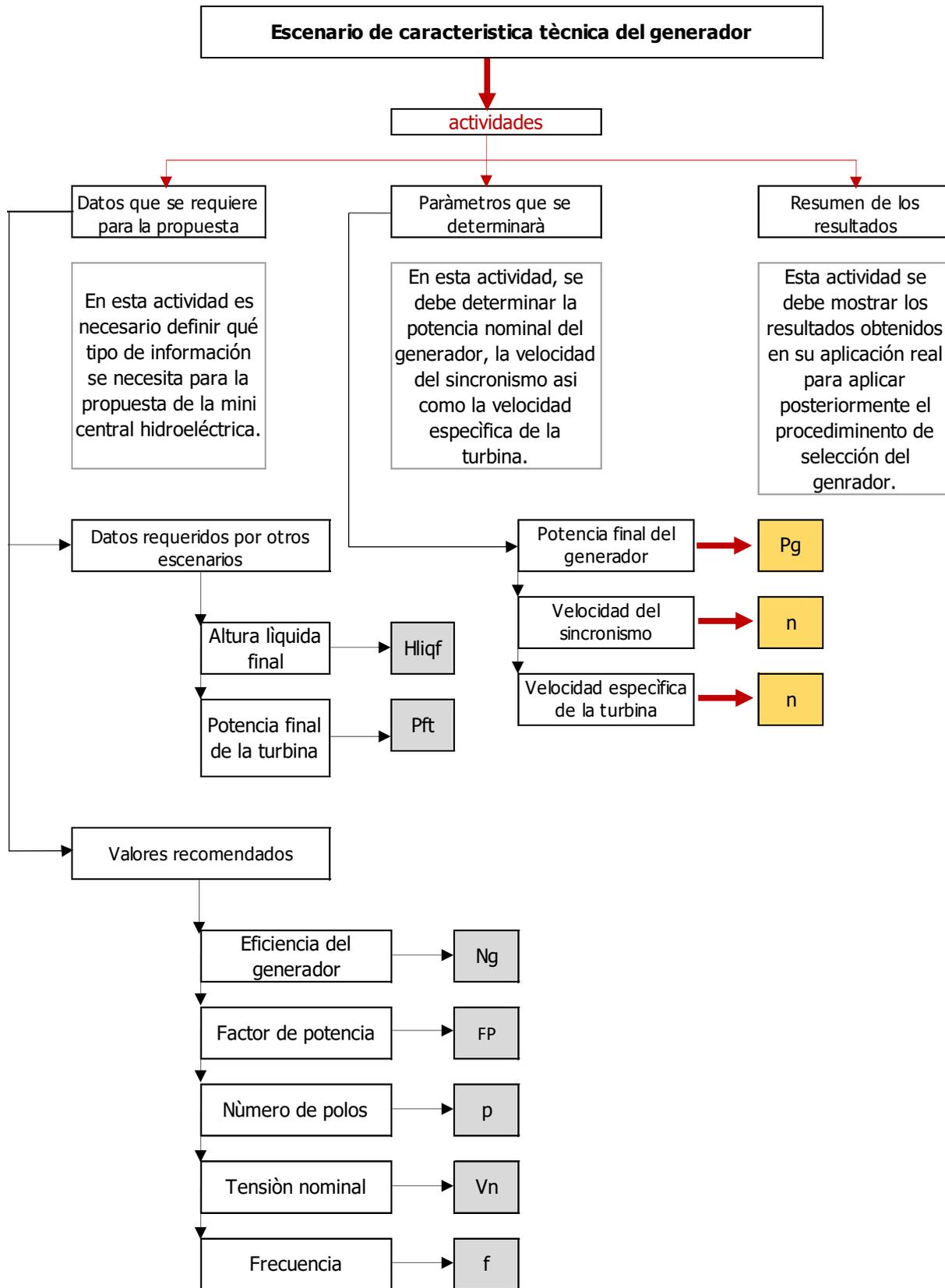
Esquema de la propuesta para el escenario de características técnicas del generador.



Fuente: (Elaboración propia).

**Figura 3.9**

*Flujograma para el escenario de características técnicas del generador.*



*Fuente: (Elaboración propia).*

### **3.8.1. Datos requeridos por la propuesta.**

#### **3.8.1.1. Datos requeridos de otros escenarios.**

##### **3.8.1.1.1. Salto o altura líquida final.**

El parámetro determinado en el escenario de choque es la altura final del fluido (Hliqf). Este es el paso más óptimo para identificar escenarios de análisis con la menor cantidad de consideraciones posible.

##### **3.8.1.1.2. Potencia final de la turbina.**

La potencia final de la turbina (Pft) es un parámetro determinado por el método del escenario de potencia de la turbina, en el que ésta es la potencia más óptima estimada y determinada en base a escenarios analíticos teniendo en cuenta consideraciones mínimas posibles.

#### **3.8.1.2. Valores recomendados.**

##### **3.8.1.2.1. Porcentaje de eficiencia del generador.**

Según (**Electrobras, 2000**) Indica que la eficiencia del generador ( $N_g$ ) debe ser determinada por el fabricante; Si no hay información disponible, se debe utilizar un valor de 0,96 en condiciones normales de funcionamiento. Por el contrario, este valor se considera muy alto en el método porque la eficiencia del generador síncrono oscila entre 0,88 y 0,94 con una potencia correspondiente de 50 a 500 kW., según las especificaciones del fabricante. Por lo tanto, el método recomienda una eficiencia del generador síncrono del 87,6% según la tabla 3.9, que se basa en la ecuación 10 ítem 2.2.12 resumen de ecuaciones e incluye las pérdidas del sistema multiplicador de velocidad del 5%. El valor recomendado se obtiene en base a los valores promedios de las muestras analizadas.

**Tabla 3.10** *Porcentaje de eficiencias promedio del generador síncrono a partir de valores propuestos por los fabricantes.*

Catalogo de generadores	Potencia nominal (kW)	FP	Eficiencia a plena carga (%)	Pérdidas de multiplicadores de velocidad (%)	Eficiencia neta (%)
FKI Energy Technology	51.5	0.8	89.0	5.0	84.0
FKI Energy Technology	51.5	1	91.2	5.0	86.2
FKI Energy Technology	101	0.8	91.1	5.0	86.1
FKI Energy Technology	101	1	92.9	5.0	87.9
FKI Energy Technology	200	0.8	93.1	5.0	88.1
FKI Energy Technology	200	1	94.5	5.0	89.5
FKI Energy Technology	296	0.8	93.3	5.0	88.3
FKI Energy Technology	296	1	94.7	5.0	89.7
FKI Energy Technology	408	0.8	93.0	5.0	88.0
FKI Energy Technology	408	1	94.5	5.0	89.5
FKI Energy Technology	516	0.8	94.4	5.0	89.4
FKI Energy Technology	516	1	95.6	5.0	90.6
WEG	52.9	0.8	86.9	5.0	81.9
WEG	112	0.8	89.0	5.0	84.0
WEG	200	0.8	92.8	5.0	87.8
WEG	302	0.8	94.0	5.0	89.0
WEG	416	0.8	93.0	5.0	88.0
WEG	514	0.8	94.4	5.0	89.4
<b>Promedio</b>					<b>87.6</b>

*Fuente: (FKI y WEG, fabricantes)*

A partir de las consideraciones anteriores, se propone la tabla 3.11 que muestra la eficiencia del generador y como valor recomendado para mini centrales hidroeléctricas M.C.H tipo 1.

**Tabla 3.11**

*Valor recomendado para considerar la eficiencia del generador.*

Aplicación	Símbolo	Variable	Valor recomendado	Unidad
M.C.H Tipo 1	Ng	Eficiencia del generador	87.6	%

*Fuente: (Elaboración propia)*

### 3.8.1.2.2. Factor de potencia.

El valor del factor de potencia (PF) para una minicentral hidroeléctrica es un valor recomendado y varía dependiendo de si la minicentral hidroeléctrica está conectada o aislada. Además, según **(Electrobras, 2000)** la guía de construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas recomienda un factor de potencia (PF) de 0,8 para sistemas aislados y de 0,9 para sistemas combinados.

Además, según el Consejo Nacional de Eficiencia Energética, el factor de potencia (PF) es una métrica que puede variar de 0 a 1, donde 1 es el valor ideal y representa el impacto de la energía consumida por los equipos electrónicos sin pérdida. Por el contrario, un factor de potencia inferior a 1 significa que se utiliza más energía para realizar un trabajo útil. Por otro lado, el método propone nuevos valores del factor de potencia (PF) tanto para sistemas aislados como conectados, teniendo en cuenta los diferentes valores propuestos. Por lo tanto, el método de determinación del factor de potencia es 0,9 tanto para sistemas aislados como conectados, con base en el valor recomendado en la Tabla 3.12 de la Ecuación 10, párrafo 2.2.12, que resume la ecuación con base en el valor promedio de la muestra.

**Tabla 3.12**

*Valor promedio para el factor de potencia a partir de valores propuestos por fabricantes de generadores síncronos.*

Catálogo de generadores	Potencia nominal (kW)	FP
FKI Energy Technology	51.5	0.8
FKI Energy Technology	51.5	1
FKI Energy Technology	101	0.8
FKI Energy Technology	101	1
FKI Energy Technology	200	0.8
FKI Energy Technology	200	1
FKI Energy Technology	296	0.8
FKI Energy Technology	296	1
FKI Energy Technology	408	0.8
FKI Energy Technology	408	1
FKI Energy Technology	516	0.8
FKI Energy Technology	516	1
WEG	52.9	0.8
WEG	112	0.8
WEG	200	0.8
WEG	302	0.8
WEG	416	0.8
WEG	514	0.8
	<b>Promedio</b>	<b>0.9</b>

*Fuente: (FKI y WEG, fabricantes)*

A partir de las consideraciones anteriores, se propone la tabla 3.13 que muestra el valor del factor de potencia recomendado para mini centrales hidroeléctricas M.C.H tipo 1.

**Tabla 3.13**

*Valor recomendado para el factor de potencia del generador.*

Aplicación	Símbolo	Variable	Valor recomendado	Unidad
M.C.H Tipo 1	FP	Factor de potencia	0.9	adimensional

*Fuente: ((Electrobras, 2000))*

### 3.8.1.2.3. Número de polos.

Según (Ortiz, 2001), Los polos adecuados a considerar son aquellos con velocidad síncrona mayor o igual a 600 rpm para evitar sobredimensionar la turbina. Sin embargo, debido a que los generadores con 14 polos o más son más caros, este método recomienda un valor de 2 a 12 polos para las minicentrales hidroeléctricas, como se muestra en la Tabla 3.14. Otra razón por la que este método tiene en cuenta este rango de números de polos es para evitar aumentar el tamaño de la turbina y, por tanto, aumentar su coste.

**Tabla 3.14**

*Valor recomendado para número de polos de generadores síncronos.*

Aplicación	Símbolo	Variable	Valor recomendado	Unidad
M.C.H Tipo 1	p	Número de polos	2	adimensional
	p	Número de polos	4	adimensional
	p	Número de polos	6	adimensional
	p	Número de polos	8	adimensional
	p	Número de polos	10	adimensional
	p	Número de polos	12	adimensional

*Fuente: (Electrobras, 2000)*

#### 3.8.1.2.4. Tensión nominal.

Los valores aceptados para la tensión nominal de los generadores en mini centrales hidroeléctricas son los valores recomendados por diversas publicaciones interesadas en las centrales hidroeléctricas, por ejemplo (**Electrobras, 2000**), recomienda valores de 220 V, 380 V y 480 V para generadores síncronos menores a 1 MW.

Sin embargo, en este método, los valores anteriores están muy limitados por los fabricantes de generadores síncronos ofrecen una amplia gama de potencias nominales para diferentes tensiones nominales, como se muestra en la tabla 3.15.

**Tabla 3.15**

*Valor recomendado para número de polos de generadores síncronos.*

Catálogo de generadores	Potencia nominal (kW)	Número de polos	Tensión nominal en voltios (V)
FKI Energy Technology	51.6 - 500	4	190/200/208/220/230/240(x10)/380/400/416(x10)/440/460/480
FKI Energy Technology	352 - 500	6	220/230/240/254/265/277/380/400/415/416/440/460/4
FKI Energy Technology	192 - 512	8	220/230/240/254/265/277/380/400/415/416/440/460/4
Weg Generadores Síncronos	52.9 - 514	4	480/240/440/220
Linz Electric	50 - 500	4	277/480/240/416
AEM Dessau GmbH	192 - 400	4	400/440
AEM Dessau GmbH	105 - 504	6	400/440
AEM Dessau GmbH	105 - 504	8	400/440

*Fuente: (FKI Energy Technology, Weg Generadores Síncronos, Linz Electric y AEM Dessau GmbH)*

Por lo tanto, este método define un nuevo rango de voltaje, como se muestra en la tabla 3.16, el cual está reestructurado por los voltajes de fabricantes de generadores síncronos más populares..

**Tabla 3.16**

*Valor recomendado para el factor de potencia del generador.*

Aplicación	Símbolo	Variable	Valor recomendado	Unidad
M.C.H Tipo 1	V	Tensión nominal	190/200/208/220/230/240(x10)/254/265/277/380/400/415/416(x10)/440/460/480	Voltios

*Fuente: (Elaboración propia)*

### 3.8.1.2.5. Frecuencia del generador.

El valor aceptado de la frecuencia mini hidráulica es un valor fijo y constante, dependiendo de la frecuencia de funcionamiento establecida en cada país. Por tanto, la frecuencia de funcionamiento es de 60 Hz; En nuestro país existe un listado de frecuencias a nivel nacional que permite determinar la frecuencia recomendada dependiendo de la ubicación de las pequeñas centrales hidroeléctricas; Por lo tanto, el método recomendado utiliza una frecuencia de 50 Hz o 60 Hz dependiendo de la ubicación de la mini central hidroeléctrica, como se muestra en la Tabla 3.17.

**Tabla 3.17**

*Valor recomendado para la frecuencia del generador.*

Aplicación	Símbolo	Variable	Valor recomendado	Unidad
M.C.H Tipo 1	f	Frecuencia nominal	<b>60</b> – 50	Hz

*Fuente: (SEIN)*

## 3.8.2. Determinación de los parámetros.

### 3.8.2.1. Potencia nominal del generador.

La potencia nominal del generador se refiere a la potencia máxima que una pequeña central hidroeléctrica puede producir y suministrar al público, a los residentes o a la industria, según sea el caso.

Según (ELETROBRÁS, 2000), La capacidad nominal del generador ( $P_g$ ) de una pequeña central hidroeléctrica se determina luego de calcular la capacidad colocada en la turbina según la ecuación (8).

(Electrobras, 2000) menciona que, la potencia nominal del generador ( $P_g$ ) de la mini central hidroeléctrica se determina luego de calcular la potencia disponible de la turbina según la ecuación 8. ítems 2.2.12 resumen de ecuaciones:

$$P_g(\text{kW}) = P_{ft}(\text{kW}) * \frac{N_g}{100 * \text{COS}\phi} \quad (3.10)$$

Donde:

$P_g$  : Potencia nominal del generador en (kW)

$P_{ft}$  : Potencia final de la turbina en (kW) determinada en el ítem 3.7.2.1.

$N_g$  : Eficiencia del generador síncrono en (%) siendo el 89.6% determinada en el ítem determinada en el ítem 3.8.1.2.1.

$\text{Cos}(\phi)$ : Factor de potencia, igual a 0.9 según la tabla 3.12, determinada en el ítem 3.8.1.2.2.

### 3.8.2.2. Velocidad síncrona.

La velocidad síncrona representada por el símbolo ( $n$ ) Es la velocidad que debe ser constante para que un determinado número de polos alcance una frecuencia igual o al menos equivalente a la frecuencia de la red.

Según (Stephen J, 2012), (Zoppetti Juddez, 1979), (Fraile, 2003), (Electrobras, 2000) La velocidad síncrona del generador se determinará a partir de la ecuación 9 ítems 2.2.12 resumen de ecuaciones.

De manera similar, el método también considera la ecuación 9 Determinar la velocidad síncrona del generador de la minicentral hidroeléctrica M.C.H: tipo 1. (de agua fluyente).

$$n(\text{RPM}) = \frac{120 * f(\text{Hz})}{p(\text{Adimen})} \quad (3.11)$$

Donde:

$n$  : Velocidad de sincronismo en (RPM).

$p$  : Número de polos en (adimensional), siendo valores recomendados 2/4/6/8/10/12 según la tabla 3.13 determinada en el ítem 3.8.1.2.3.

$f$  : frecuencia de generación en (Hz) valor recomendado de 60 Hz según la ubicación de la mini central hidroeléctrica.

### 3.8.2.3. Velocidad específica de la turbina hidráulica.

Según (Suescùn, 2016), La velocidad específica es la velocidad a la que un modelo, geoméricamente similar a una turbina real o prototipo, gira bajo una presión de un metro, generando 1 kW de potencia.

La ecuación 3.12 determina la velocidad específica ( $n_s$ ) de una turbina

$$n_s(\text{Adimensional}) = \frac{n(\text{RPM}) * Pft^{0.5}(\text{kW})}{Hliqf^{1.25}(\text{m})} \quad (3.12)$$

Donde:

$n_s$  : Velocidad específica de la turbina en (Adimensional).

$n$  : Velocidad de sincronismo en (RPM) evaluada y determinada en el ítem 3.8.2.2.

$Pft$  : Potencia final de la turbina en (kW) determinada en el ítem 3.7.2.1.

$Hliqf$  : Altura líquida final en (m) determinada en el ítem 3.5.2.1.

### 3.8.3. Resumen y análisis de resultados.

En esta actividad, la metodología deberá indicar un resumen de los resultados obtenidos de su aplicación práctica, así como el procedimiento de selección del generador. De igual

forma, es necesario exponer con claridad los hechos, circunstancias y observaciones que fundamentan la decisión de selección de un generador para la minicentral M.C.H Tipo 1..

### **3.8.3.1. Selección del generador.**

Hay muchos aspectos o criterios de selección a considerar al momento de seleccionar un generador síncrono y por ello (INEA, 1997) en sus lineamientos de diseño para pequeñas centrales hidroeléctricas recomienda seleccionar generadores en función de la capacidad, voltaje y desempeño o especificaciones del generador. .

Sin embargo, se cree que los criterios anteriores no son suficientes, ya que para fines de análisis comparativo es necesario tener en cuenta el valor de la velocidad específica desarrollada por el generador, determinada a la velocidad específica estandarizada de diferentes tipos de turbinas. Por tanto, los valores decisivos para la selección del generador serán:

- Los parámetros de las características técnicas del generador están determinados por el método.
- La velocidad específica que desarrolla cada generador.

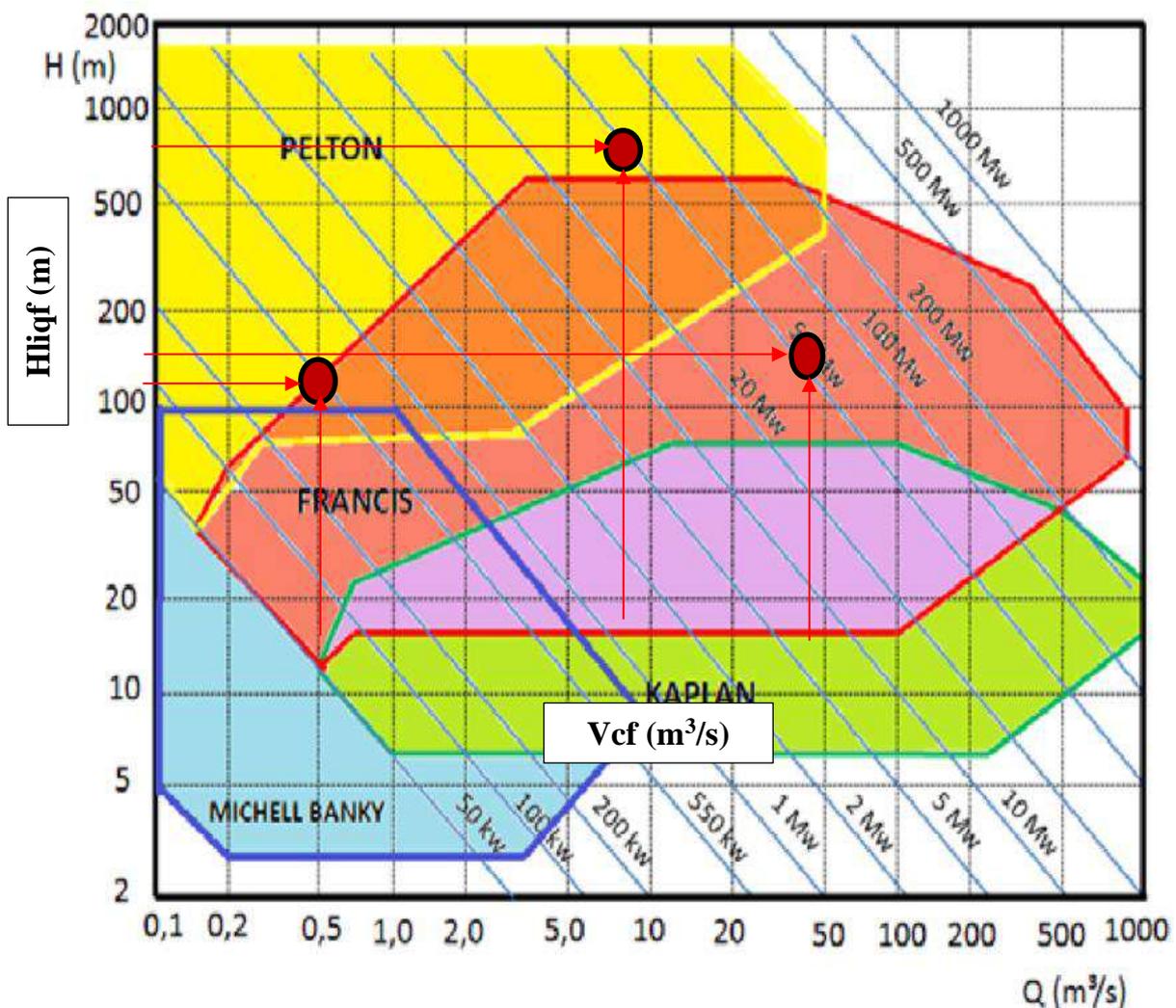
Finalmente, luego de determinar los valores que determinan la selección del generador, el método propone el siguiente procedimiento para la selección de generadores en mini centrales hidroeléctricas.

### **3.8.3.2. Paso 1: Selección del tipo de turbina.**

- A. En esta etapa, el tipo de turbina se debe seleccionar con base en la Figura 3.10, utilizando la altura de fluido final y el caudal de diseño final por turbina como datos analíticos, y estos valores se determinan según las

circunstancias. Si hay diferentes tipos de turbinas con las mismas coordenadas (presión final del fluido, caudal de diseño final en cada turbina), se debe seleccionar la turbina con la mayor eficiencia de acuerdo con la Tabla 3.18, copiada de la Tabla 2.2. Tenga en cuenta que las turbinas seleccionadas corresponden a cada generador especificado en el escenario característico del generador.

**Figura 3.10** Ubicación de la altura líquida final y el caudal del proyecto por turbina en el ábaco del fabricante.



Fuente: (HACKER, 2015).

**Tabla 3.18***Elección de la turbina en base a la eficiencia.*

TIPO	INVENTOR Y AÑO DE PATENTE	Ns [Adimensional]	Qd [m <sup>3</sup> /seg]	Hn [m]	P [KW]	Nmax [%]
Turbina Pelton	Lesster Pelton 1980	1ch30-6ch50-70	0.05-50	30-1800	2-30000	91
Turgo	Eric Crewdson 1920	60-260	0.025-10	15-300	5--8000	85
Michell Banky	A.GMichell Banky	40-160	0.025-5	1-200	1-750	82
Bomba rotodinamica	Dionisio Papin 1689	30-170	0.025-25	10-250	5-500	80
Francis	James Francis 1848	160-150, R250-400	1-500	2-750	2-750000	92
Deriaz	P. Deriaz 1956	60-400	500	30-130	100000	92
Kaplan y de Elice	Kaplan 1912	300-800	1000	5--80	2-200000	93
Axialesk	H<25	300-800	600	5--30	10000	93

*Fuente: (INEA, 1997)*

**B.** En el caso de una mini planta hidroeléctrica, se determina el diámetro de una turbina estándar y, en función de un parámetro determinado, se determina la velocidad específica como la velocidad de rotación de la turbina, luego el método utilizará el valor dado. tipo de turbina, donde el diámetro corresponde a una turbina en particular. Por tanto, al utilizar este método de minicentral hidroeléctrica, se determinará el valor esperado de los parámetros técnicos del generador.

### 3.8.3.3. Paso 2: hacer las comparaciones de manera analítica como primera selección.

**A.** En esta etapa, se realizará la primera selección, que consiste en buscar la turbina seleccionada especificada en el Paso I de la Tabla 2.3, como se especifica en la Tabla 3.19, y luego seleccionar los diferentes tipos de generadores con los parámetros especificados y prescritos. Rango de velocidad para diferentes tipos. turbina. Si dentro de un mismo tipo de

turbina seleccionada se presenta variaciones, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Primero, Para las turbinas Pelton, este método recomienda seleccionar un rango de velocidad de turbina Pelton específico con la menor cantidad de boquillas correspondientes a la altura de fluido final especificada en el escenario de crecimiento para evitar costos de producción elevados.
- Segundo, Para las turbinas Francis, este método recomienda seleccionar un rango de velocidad de rotación específico de la turbina Francis correspondiente a la columna de fluido final determinada en el escenario de crecimiento.
- En tercer lugar, Si se trata de una turbina de flujo axial como una turbina Kaplan, este método recomienda seleccionar un rango de velocidad que sea específico de la turbina Kaplan y corresponda a la altura final del fluido determinada en la escena del salto.

**Tabla 3.19**

*Elección de la velocidad específica normalizada para diferentes tipos de turbinas hidráulicas.*

VELOCIDAD ESPECIFICA [ns]	TIPO DE TURBINA	ALTURA LIQUIDA FINAL [m]
Hasta 18	Pelton con una tobera	800
19 a 25	Pelton con una tobera	400 a 800
26 a 35	Pelton con una tobera	100 a 400
26 a 35	Pelton con dos toberas	400 a 800
36 a 50	Pelton con dos toberas	100 a 400
51 a 72	Pelton con cuatro toberas	100 a 400
55 a 70	Francis lentísima	200 a 400
70 a 120	Francis lenta	100 a 200
120 a 200	Francis media	50 a 100
200 a 300	Francis veloz	25 a 50
300 a 450	Francis ultraveloz	15 a 25
400-500	Helice velocísima	Hasta 15
270 a 500	Kaplan lenta	15 a 25
500 a 800	Kaplan veloz	5 a 15
800-1100	Kaplan velocísima	5

*Fuente: (Castelfranchi, 1971).*

C. En el caso de una mini central hidroeléctrica, donde se determina el diámetro de la turbina estándar y en base a este parámetro se determina la velocidad específica, ya que la velocidad de la turbina debe ser la primera opción. Se trata de encontrar la velocidad específica de la turbina seleccionada en la Fase I en la tabla prescrita 3.18, para luego seleccionar el generador entre el rango de velocidades normalizadas adecuadas para los diferentes tipos de turbina.

### 3.8.3.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.

A. Entre los generadores seleccionados en la etapa II, se debe seleccionar el generador con mayor velocidad síncrona de acuerdo a la Tabla 3.20. Debido a la velocidad síncrona máxima, para este método se debe utilizar un generador de 4 polos con los valores indicados en la tabla 3.20., excepto el generador de 2 polos, debido a que este generador no se comercializa en el catálogo del fabricante del generador síncrono. Cabe señalar que el generador síncrono seleccionado estará conectado directamente a la turbina.

**Tabla 3.20**

*Rango de velocidades para generadores síncronos.*

Número de polos	Rango de velocidades
4	1800 a 1500
6	1200 a 1000
8	900 a 750
10	720 a 600
12	600 a 500

*Fuente: (Electrobras, 2000).*

B. En el caso de una mini central hidroeléctrica, donde se determina el diámetro de una turbina estándar y en base a este parámetro se determina la velocidad específica como la velocidad de rotación de la turbina.

C. Considere el generador seleccionado en el paso II, luego seleccione el generador con la velocidad síncrona más alta de acuerdo con la Tabla 3.19.

Vale destacar que en este caso casi siempre se utiliza el sistema multiplicador de velocidad; Esto dependerá de la relación entre la velocidad síncrona del generador seleccionado y la velocidad de la turbina, la cual determina el diámetro estándar de la turbina, como se muestra en la ecuación 3.19.

$$\mathbf{R_t(adimen)} = \frac{\mathbf{n_{sGS}(RPM)}}{\mathbf{n_{sTE}(RPM)}} \quad (3.13)$$

Donde:

$R_t$  : Relación de transmisión en (adimensional).

$n_{sGS}$  : Velocidad de sincronismo del generador en selección por la propuesta en (RPM).

$n_{sTE}$  : Velocidad de sincronismo determinado a partir de la turbina definida en (RPM).

## CAPÍTULO IV

### APLICACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN DEL GRUPO DE GENERACIÓN - TURBINA GENERADOR CON LA ASISTENCIA DEL SOFTWARE MATLAB.

#### 4.1. Introducción.

Por lo tanto, el propósito de escribir este capítulo es presentar las partes relevantes de un paquete de energía de un turbogenerador para una pequeña central hidroeléctrica M.C.H tipo 1, tomando en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas presentados en cada escenario que conforman el modelo.

#### 4.2. Minicentral hidroeléctrica de Mapacho 01 y 02 – Paucartambo – Cusco.

##### 4.2.1. Ubicación política.

Perfil del proyecto de minicentral Mapacho 01 y 02 ubicada en la zona de Paucartambo, provincia de Paucartambo, provincia de Cusco. Mini central hidroeléctrica tipo M.C.H. Se considera que el tipo 1 tiene en cuenta las características y requisitos propuestos durante el desarrollo de los documentos del proyecto.

**Tabla 4.1**

*Ubicación política del proyecto.*

Descripción	Distrito	Provincia	Región
Central hidroeléctrica de Mapacho 01	Paucartambo	Paucartambo	Cusco
Central hidroeléctrica de Mapacho 02	Paucartambo	Paucartambo	Cusco

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### **4.2.2. Ubicación geográfica.**

En el siguiente cuadro se señala la ubicación espacial donde se encuentra ubicado la Minicentral central hidroeléctrica de Mapacho 01 y 02, esta ubicación queda indicada bajo coordenadas UTM WGS84:

**Tabla 4.2**

*Ubicación geografía central hidroeléctrica Mapacho 01 y 02.*

Área	Componentes	COORDENADAS UTM- WGS84 – Zona 18L	
		Este (m)	Norte (m)
Obras generación Mapacho 01	Casa de máquinas	8521646	223072
Obras generación Mapacho 02	Casa de máquinas	8522550	222218

*Fuente: (Elaboración propia).*

**Figura 4.1**

*Ubicación geografía central hidroeléctrica Mapacho 01 y 02.*



*Fuente: (Google Maps).*

**4.2.3. Características del proyecto.**

Durante el proceso de producción de energía, las minicentrales hidroeléctricas Mapacho 01 y 02 tomarán primero agua del río Mapacho a una altura aproximada de 2960.00 m, el agua será dirigida a través de una pequeña represa hasta el canal de agua; luego caerá a la cámara de carga y de allí al cerrojo; Antes de llegar a la central eléctrica donde se ubican las turbinas y generadores, el agua es devuelta al río de forma controlada para que las fluctuaciones del caudal no afecten al ecosistema fluvial. La electricidad generada fluirá hacia un lugar clave donde se ubica el transformador, y la electricidad de media tensión se distribuirá a las localidades aledañas a las centrales hidroeléctricas Mapacho 01 y 02..

#### **4.2.3.1. Turbina.**

La central hidroeléctrica de Mapacho 01 y 02 equipadas con tres turbinas tipo Francis de eje horizontal con dos rodets de 500 mm de diámetro y uno de 490 mm de diámetro montado sobre el eje del generador mediante bridas de conexión o buje cónico. Estas turbinas Francis son capaces de funcionar de forma continua y producir la máxima potencia en las siguientes condiciones de flujo y caída neta:

#### **4.2.4. Características hidrológicas de la Minicentral hidroeléctrica Mapacho 01 y 02.**

- El proyecto considera el diseñado de obras de captación y de conducción a partir del caudal de diseño.
- El proyecto considera una altura o salto bruto de 33m para la minicentral hidroeléctrica de mapacho 01 y un salto bruto de 28 m para la minicentral hidroeléctrica de mapacho 02 de, este parámetro se determina midiendo a partir de los métodos de mediciones en cuanto a los saltos.
- El proyecto considera un caudal total de diseño de tipo 1, de 5.31 m<sup>3</sup>/s y a 1.77 m<sup>3</sup>/s para cada grupo de generación 01, 02 y 03, esto para la minicentral **hidroeléctrica Mapacho 01 y 02**, no contabiliza caudales ambientales en los caudales del proyecto ya que no cuenta con un estudio de impacto ambiental (EIA) que confirme o fundamente este valor.
- Un proyecto a nivel de perfil tiene un historial de flujo anual y mensual., como se muestra en la tabla 4.3 para la minicentral hidroeléctrica de Mapacho 01 y 02.
- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas.

#### 4.2.4.1. Historial de caudales mensuales anuales central hidroeléctrica Mapacho

##### 01 y 02.

A continuación, se muestra el resumen de los caudales medios mensuales – anuales pertenecientes al río Mapacho.

**Tabla 4.3** *Historial de caudales medios mensuales – anuales Minicentral Hidroeléctrica de Mapacho 01 y 02.*

<b>Historial de caudales medios mensuales</b>					
Meses	Años				
	1(2019)	2(2020)	3(2021)	4(2022)	5(2023)
Enero	52.15	51.30	85.19	75.45	26.39
Febrero	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77
Marzo	66.10	56.75	84.22	84.22	52.90
Abril	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52
Mayo	27.63	16.70	27.96	18.41	20.43
Junio	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01
Julio	17.83	13.55	11.95	7.70	6.96
Agosto	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59
Setiembre	17.43	12.90	12.45	10.98	8.77
Octubre	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48
Noviembre	39.88	20.90	34.68	18.43	29.53
Diciembre	56.62	46.19	75.58	21.75	52.99

*Fuente: (ANA).*

#### 4.2.5. Casos de estudio de la Minicentral hidroeléctrica de Mapacho 01 y 02.

Debido a que la minicentral eléctrica M.C.H tipo 1 proporciona tasas de flujo mensuales récord histórico, así como cabeza o cabeza de agua total, se considera una opción de aplicación.. El resumen de las características de estos casos se muestra en la tabla 4.4.

**Tabla 4.4** *Casos de estudio.*

Casos de estudio	Consideraciones
MAPACHO 01	Salto bruto

	Historial de caudales (95%QdG1)
MAPACHO 02	Salto bruto
	Historial de caudales (95%QdG1)

---

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### **4.2.6. MAPACHO 01, grupo generación 01 - Minicentral hidroeléctrica de Mapacho 01.**

En este caso se ha tenido en cuenta los siguientes datos proporcionados por la central hidroeléctrica de Mapacho 01:

- El proyecto a nivel de perfil considera el diseñado de obras de captación y de conducción a partir del caudal de diseño.
- El proyecto considera una altura bruta de 33m, este parámetro se determina midiendo a partir de los métodos de mediciones en cuanto a los saltos y la evaluación de las perdidas hidráulicas en la tubería forzada.
- El proyecto considera un caudal de diseño del tipo 1, considerando para el grupo de generación 01 igual a 1.77 m<sup>3</sup>/s de 5.31 m<sup>3</sup>/s sin incluir caudales ambientales en el caudal de diseño al no contar con un estudio de impacto ambiental (EIA) que confirme o demuestre este valor.
- El proyecto tiene un historial de flujo mensual anual, como se muestra en la tabla 4.3.
- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas.

##### **4.2.6.1. Escenario de saltos**

Para el diseño a nivel de la pequeña central hidroeléctrica Mapacho 01, se determinará la altura final del líquido ( $H_{liqf}$ ) o  $H_n$ , dado como valor de entrada la altura bruta proporcionada por la central M.C.H tipo 1, es decir de agua fluyente.

#### **4.2.6.1.1. Resumen y análisis de resultados.**

Para el MCH Mapacho 01, teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas propuestas aplicables a la miniplataforma MCH Tipo 1, el escenario de verificación del salto determina que la altitud líquida final es de 31.482 m, equivalente a corresponde a un salto limpio. ( $H_n$ ). Ya que este parámetro está disponible y se considera óptimo para la selección de la turbina, con base en la ecuación propuesta en este trabajo.

- $H_b = 33 \quad m$
- $H_{liqf} = 31.482 \quad m$

#### **4.2.6.2. Escenario de caudales**

Para el proyecto de pequeña hidroeléctrica Mapacho 01, el caudal final de la turbina ( $V_{cf}$ ) del proyecto se determinó ingresando los valores ya incluidos (caudal de diseño Tipo 1 y caudales históricos mes - por año). de M.C.H. Clase 1 y teniendo también en cuenta los valores recomendados del método (teniendo en cuenta el porcentaje constante de caudales ambientales regulados).

##### **4.2.6.2.1. Resumen y análisis de resultados.**

El caudal de diseño tipo 1 para todos los meses del año según la tabla 4.5 es de 1.77  $m^3/s$  por grupo de generación, para este valor evaluado permite la reserva del flujo inicial disponible en el ambiente ( $Q_{eDisponibleInicial}$ ) es suficiente para mantener y proteger el ambiente. Porque la cadena ( $Q_{eDisponibleInicial}$ ) estuvo disponible inicialmente en agosto

tiene el valor de 8.258 m<sup>3</sup>/s, siendo esta mayor al caudal ecológico reglamentado (QeReglamentado) siendo esta igual a 1.504 m<sup>3</sup>/s, determinada para el mismo mes. Por lo que, el método determina el caudal ecológico constante (QeConstante) de 0.2655 m<sup>3</sup>/s, disminuyendo así el caudal de diseño tipo 1 (Qd) de 1.77 m<sup>3</sup>/s al caudal final del proyecto por turbina de 1.5045 m<sup>3</sup>/s.

Esta reducción, a su vez, permite determinar el caudal ambiental final disponible (QeDisponibleFinal) para todos los meses del año, capaz de mantener el caudal de reserva y correspondiente al caudal ambiental regulado (QeReglamentado) establecido por el organismo de cuenca, en otras palabras. : el caudal ambiental final disponible supera el caudal ambiental regulado (QeDisponibleFinal > QeReglamentado) incluso en el mes más importante del año, como se muestra en la Tabla 4.5 y la Figura 4.2.

**Tabla 4.5**

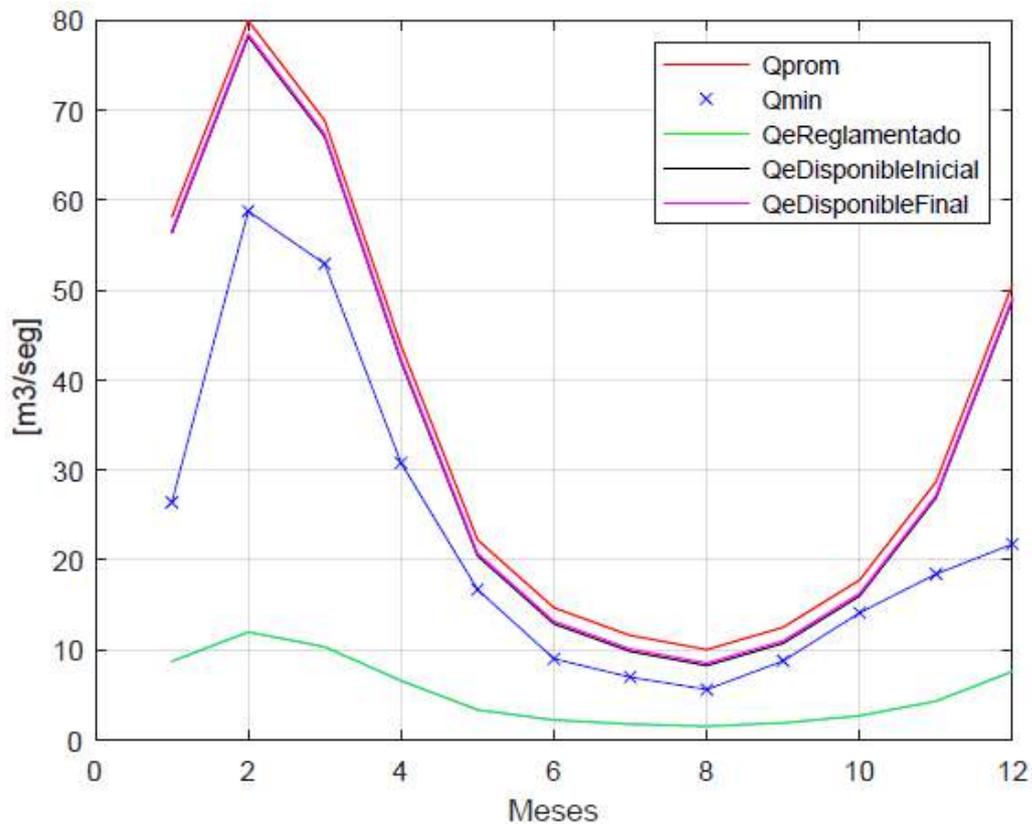
*MCH de Mapacho 01 resumen de resultados escenario de caudales.*

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Qprom[m3/seg]	58.096	79.928	68.838	43.78	22.23	14.67	11.59	10.028	12.506	17.772	28.684	50.626
Qmin[m3/seg]	26.390	58.770	52.90	30.76	16.70	9.01	6.96	5.59	8.77	14.12	18.43	21.75
QeDisponibleInicial[m3/seg]	56.326	78.158	67.068	42.02	20.45	12.90	9.828	8.258	10.736	16.002	26.914	48.856
QeReglamentado[m3/seg]	8.7144	11.989	10.326	6.567	3.333	2.201	1.739	1.504	1.876	2.6658	4.3026	7.594
QeConstante[m3/seg]	0.2655	0.2655	0.2655	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265
Vcf[m3/seg]	1.5045	1.5045	1.5045	1.504	1.504	1.504	1.504	1.504	1.504	1.504	1.504	1.504
Qd[m3/seg]	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
QeDisponibleFinal[m3/seg]	56.591	78.424	67.334	42.28	20.72	13.16	10.09	8.523	11.002	16.267	27.18	49.121

*Fuente: (Elaboración propia).*

**Figura 4.2**

*MCH de Mapacho 01 grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales.*



Fuente:

(Elaboración propia).

Finalmente, este método logró resultados positivos en la determinación del caudal final de la turbina ( $V_{cf}$ ), que corresponde a la cantidad de reserva de caudal ambiental necesaria para mantener y proteger el medio ambiente. Además, el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) permanecerá sin cambios o fluctuará a medida que la organización de la cuenca propuesta considere flujos ambientales adicionales, lo que llevará a una determinación precisa de la capacidad de la turbina y a partir de ahí seleccionar el generador óptimo para el M tipo 1 mini central hidroeléctrica. Por otro lado, cabe señalar que el enfoque en este método permite optimizar el proceso de diseño de mini centrales hidroeléctricas de tipo 1 sin realizar un estudio de impacto ambiental porque el cálculo lleva más tiempo. determinación de caudales ambientales, es decir, el método propuesto ya no depende de estudios de impacto ambiental y determina el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) en un tiempo muy corto en comparación con los estudios de impacto ambiental.

#### 4.2.7. Datos requeridos por la propuesta.

##### 4.2.7.1. Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica.

##### 4.2.7.1.1. Datos históricos de caudales mensuales anuales.

Uno de los datos necesarios para la minicentral hidroeléctrica tipo M.S.G es el diagrama de flujo promedio mensual que se presenta en la Tabla 4.3. Tipo 1 (agua corriente). Además, la historia de estos caudales mensuales es el resultado de muchas mediciones diferentes a lo largo de meses y años, recopiladas mediante diversas herramientas de información hidrológica como:

- Hidrogramas.
- Ecuaciones empíricas.
- Curva de duración de caudales (porcentaje de persistencia de caudales)
- Información que se registra por alguna entidad de cuenca encargada en hidrología pertenecientes a cada país.

**Tabla 4.6**

*Historial de caudales medios mensuales.*

Historial de caudales medios mensuales					
Meses	Años				
	1	2	3	4	5
Enero	52.15	51.30	85.19	75.45	26.39
Febrero	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77
Marzo	66.10	56.75	84.22	84.22	52.90
Abril	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52
Mayo	27.63	16.70	27.96	18.41	20.43
Junio	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01
Julio	17.83	13.55	11.95	7.70	6.96
Agosto	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59
Setiembre	17.43	12.90	12.45	10.98	8.77
Octubre	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48
Noviembre	39.88	20.90	34.68	18.43	29.53
Diciembre	56.62	46.19	75.58	21.75	52.99

*Fuente: (ANA)*

Cabe señalar que la propuesta considera los caudales históricos anuales y mensuales como datos necesarios. A partir de esta información se realizarán análisis para establecer nuevos caudales óptimos, teniendo en cuenta los caudales ambientales asociados de forma continua para mantener los caudales necesarios para conservar y proteger. el medio ambiente. Por otro lado, el flujo de diseño, como se mencionó anteriormente, se puede obtener de diversas formas: usando ecuaciones empíricas, midiendo la densidad o usando una curva porcentual de flujo constante. En este caso, el caudal de diseño se estimará mediante el método de la curva de flujo-tiempo (como porcentaje de la inercia del flujo):

**Tabla 4.7**

*Porcentaje de persistencia de caudales medios mensuales.*

PORCENTAJE DE PERSISTENCIA DE CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES PARA Q <sub>d</sub>							
Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)
100%	<b>5.59</b>	74%	15.62	48%	25.22	22%	56.62
99%	6.40	73%	15.94	47%	26.72	21%	56.70
98%	7.09	72%	16.05	46%	27.46	20%	57.15
97%	7.53	71%	16.17	45%	27.78	19%	58.35
96%	7.72	70%	16.52	44%	28.02	18%	60.89
95%	7.75	69%	16.82	43%	28.95	17%	64.18
94%	8.29	68%	17.05	42%	29.80	16%	65.28
93%	8.75	67%	17.18	41%	30.53	15%	66.02
92%	8.76	66%	17.27	40%	32.33	14%	66.08
91%	8.84	65%	17.37	39%	34.64	13%	69.19
90%	8.99	64%	17.53	38%	36.91	12%	74.70
89%	9.93	63%	17.76	37%	38.75	11%	75.52
88%	10.90	62%	18.07	36%	39.55	10%	76.44
87%	10.95	61%	18.41	35%	40.81	9%	81.54
86%	11.23	60%	18.42	34%	42.38	8%	84.22
85%	11.80	59%	18.63	33%	42.66	7%	84.22
84%	11.94	58%	19.25	32%	43.17	6%	84.67
83%	11.97	57%	19.75	31%	45.20	5%	85.22
82%	12.26	56%	20.18	30%	47.72	4%	85.63
81%	12.54	55%	20.33	29%	50.74	3%	86.44
80%	12.81	54%	20.50	28%	51.71	2%	87.89
79%	13.15	53%	20.77	27%	52.20	1%	93.39
78%	13.54	52%	21.17	26%	52.65	0%	100.66

77%	13.87	51%	21.67	25%	52.92
76%	14.33	50%	22.24	24%	52.98
75%	15.11	49%	23.05	23%	54.55

Caudal con mayor persistencia (Qd)	<b>5.59</b>	(90% Qd) =	5.03
------------------------------------	-------------	------------	------

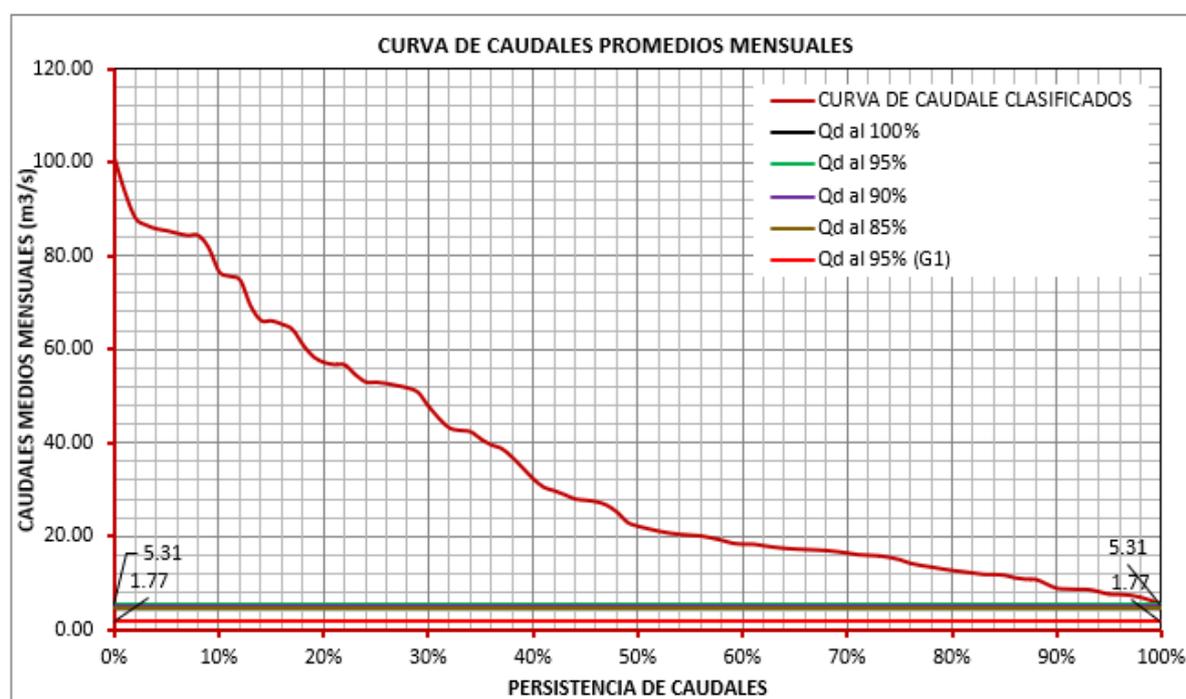
<u>(95%Qd) =</u>	<u>5.31</u>	ESHA	(85% Qd) =	4.75
------------------	-------------	------	------------	------

<u>(95%QdG1) =</u>	<u>1.77</u>	CAUDAL GRUPO 1
<u>(95%QdG2) =</u>	<u>1.77</u>	CAUDAL GRUPO 2
<u>(95%QdG3) =</u>	<u>1.77</u>	CAUDAL GRUPO 3

Fuente: (Elaboración propia)

### Figura 4.3

Curva de persistencia de caudales medios mensuales.



Fuente: (Elaboración propia).

Por lo que el caudal del proyecto final por turbina se distribuye según la tabla 4.8.

### Tabla 4.8

MCH de Mapacho 01 resumen de resultados escenario de caudales.

Nombre	Grupos
--------	--------

	Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)		Caudal de entrada por Grupo (m <sup>3</sup> /s)
CH MAPACHO 01	5.31	Grupo 01	1.77
		Grupo 02	1.77
		Grupo 03	1.77
Nombre	Caudal final del proyecto por turbina (m <sup>3</sup> /s)	Grupos	Caudal de entrada por Grupo (m <sup>3</sup> /s)
CH MAPACHO 01	4.514	Grupo 01	1.5045
		Grupo 02	1.5045
		Grupo 03	1.5045

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### 4.2.7.2. Escenario de potencia de turbina grupo 01

En este caso, el método proporciona la información y los procedimientos necesarios para determinar la capacidad final de la turbina (P<sub>ft</sub>) en función de los datos de entrada evaluados bajo escenarios de oleada y flujo, así como otros valores para la eficiencia recomendada de la turbina y la gravedad específica del agua.

##### 4.2.7.2.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.

Para la MCH de Mapacho 01, el método determina una potencial final de la turbina (P<sub>ft</sub>) de 412.467 kW considerando los datos siguientes:

- $H_{liqf} = 31.482 \text{ m}$
- $V_{cf} = 1.5045 \text{ m}^3/\text{s}$
- $N_t = 88.77 \text{ \%}$
- $\gamma_a = 9.81 \text{ kN/m}^3$

- $P_{ft} = 412.467 \text{ kW}$

La potencia de la turbina ( $P_{ft}$ ) y los datos anteriores se determinan teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas introducidos por este método en este escenario de verificación y como resultado se concluye que la aplicación de esta demostración en mini MCH tipo 1 es razonable.

Por otro lado, este método optimiza la capacidad de la turbina ( $P_{ft}$ ) mediante una optimización previa: altura de fluido final, flujo de diseño final por turbina y así actualiza el rendimiento de la turbina..

#### **4.2.7.3. Escenario de las características técnicas del generador**

En este caso, el método utiliza la información, métodos y procedimientos necesarios para obtener especificaciones específicas de velocidad del generador y de la turbina, tomando como entrada los valores determinados en los Otros escenarios (escenario de sobretensión y escenario de capacidad de la turbina). turbina) así como los valores recomendados para este método (eficiencia del generador, factor de potencia, frecuencia, número de polos y tensión nominal).

##### **4.2.7.3.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.**

Para MP Mapacho 01, los parámetros técnicos del generador listados en la Tabla 4.9 se determinan en base a las condiciones técnicas establecidas. Seguir el proceso descrito en esta recomendación determinará el generador más adecuado para su aplicación específica.

**Tabla 4.9**

*MCH Mapacho 01 resumen de las características técnicas de los generadores síncronos.*

Parámetro	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador
	1	2	3	4	5	6

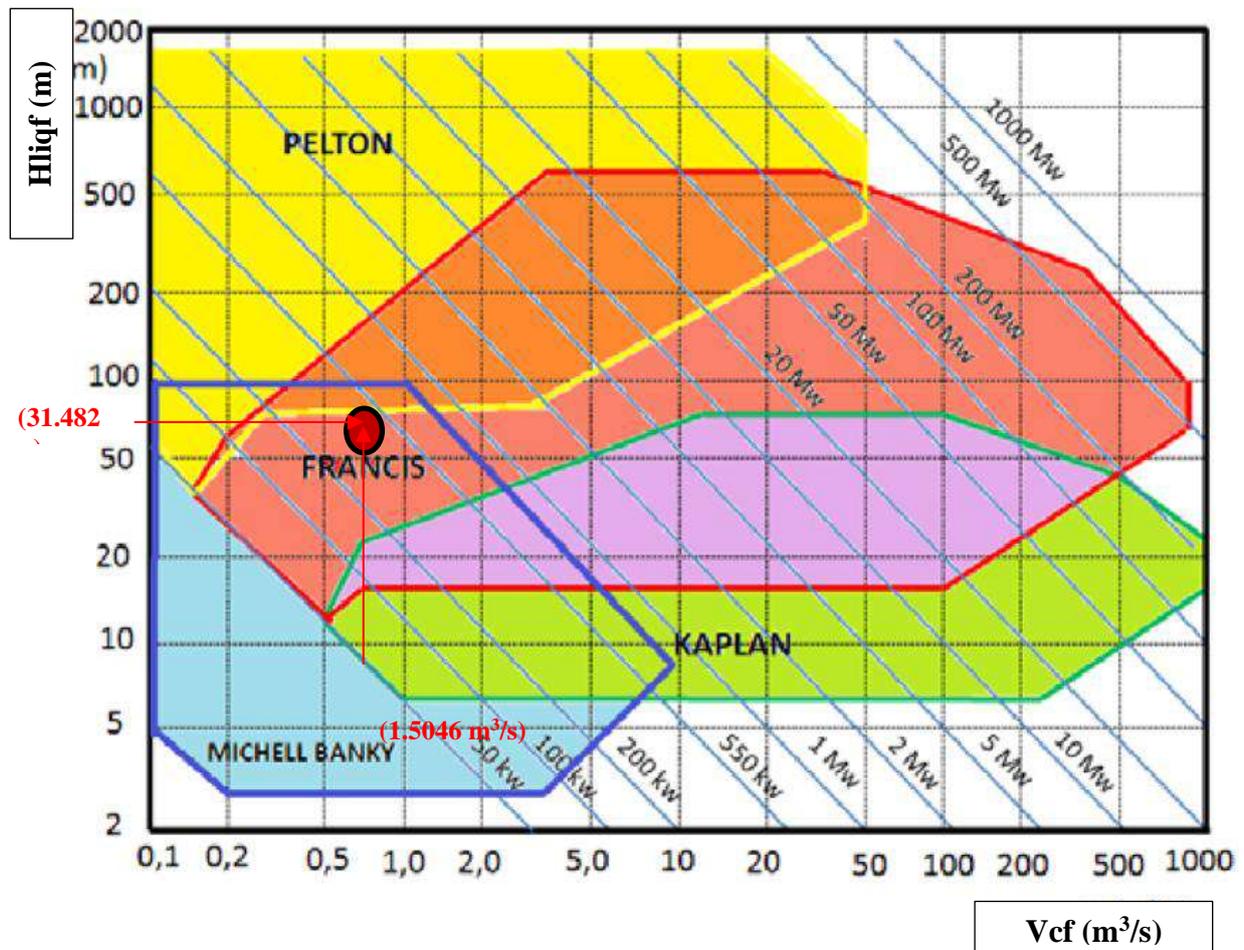
Pt[KW]	412.4675	412.4675	412.4675	412.4675	412.4675	412.4675
Pg[KW]	401.4684	401.4684	401.4684	401.4684	401.4684	401.4684
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
Vn[Voltios]	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x1	15/416(x1	15/416(x1	15/416(x1	15/416(x1	15/416(x1
	0)/440/460	0)/440/460	0)/440/460	0)/440/460	0)/440/460	0)/440/460
	/480	/480	/480	/480	/480	/480
ns[Adimensional]	980.4365	490.2183	326.8122	245.1091	196.0873	163.4061

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### **4.2.7.3.2. Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.**

Considerando que la altura de fluido final (Hliqf) es de 31,482 m y el flujo de diseño final por turbina es de 1.5045 m<sup>3</sup>/s en la Figura 4.4, el método ha propuesto 3 tipos de turbinas como son: Michel Banks, Francis y Kaplan. Por lo tanto, la tabla 4.10 se utiliza para determinar el tipo de turbina para un grupo de generación determinado. donde se puede observar que las turbinas Francis y Kaplan son las más eficientes, mientras que se elimina la turbina Kaplan por el caudal requerido, quedando la turbina Francis.

Figura 4.4 MCH Mapacho 01 selección del tipo de turbina grupo 01.



Fuente: (HACKER, 2015).

Tabla 4.10

MCH de Mapacho 01 selección de la turbina más óptima grupo 01.

TIPO	INVENTOR Y AÑO DE PATENTE	Ns [Adimensional]	Qd [m³/seg]	Hn [m]	P [KW]	Nmax [%]
Turbina Pelton	Lesster Pelton 1889	1ch30-6ch50-70	0.05-50	30-1800	2-30000	91
Turgo	Eric Crewdson 1920	60-260	0.025-10	15-300	5--8000	85
Michell Banky	A.GMichell Banky	40-160	0.025-5	1-200	1-750	82
Bomba rotodinamica	Dionisio Papin 1689	30-170	0.025-25	10-250	5-500	80
Francis	James Francis 1848	160-150, R250-400	1-500	2-750	2-750000	92
Deriaz	P. Deriaz 1956	60-400	500	30-130	100000	92
Kaplan y de Elice	Kaplan 1912	300-800	1000	5--80	2-200000	93
Axialesk	H<25	300-800	600	5--30	10000	93

Fuente: (INEA, 1997)

#### 4.2.7.3.3. Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección.

De la Tabla 4.11, teniendo en cuenta la turbina Francis seleccionada y la altura final del fluido de 31.482 m, se eligió un rango de velocidad de 200 a 300, siempre teniendo en cuenta el número mínimo de toberas.

**Tabla 4.11**

*MCH de Mapacho 01 selección del rango de velocidades específicas grupo 01.*

VELOCIDAD ESPECIFICA [ns]	TIPO DE TURBINA	ALTURA LIQUIDA FINAL [m]
Hasta 18	Pelton con una tobera	800
19 a 25	Pelton con una tobera	400 a 800
26 a 35	Pelton con una tobera	100 a 400
26 a 35	Pelton con dos toberas	400 a 800
36 a 50	Pelton con dos toberas	100 a 400
51 a 72	Pelton con cuatro toberas	100 a 400
55 a 70	Francis lentísima	200 a 400
70 a 120	Francis lenta	100 a 200
120 a 200	Francis media	50 a 100
200 a 300	Francis veloz	25 a 50
300 a 450	Francis ultraveloz	15 a 25
400-500	Helice velocísima	Hasta 15
270 a 500	Kaplan lenta	15 a 25
500 a 800	Kaplan veloz	5 a 15
800-1100	Kaplan velocísima	5

*Fuente: (Castelfranchi, 1971).*

Por tanto, la primera elección de generador determinada para este rango de velocidades se muestra en la tabla 4.12:

**Tabla 4.12***MCH de Mapacho 01 primera selección de generadores grupo 01.*

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	412.4675	412.4675	412.4675	412.4675	412.4675	412.4675
Pg[KW]	401.4684	401.4684	401.4684	401.4684	401.4684	401.4684
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10
) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	
	480	480	480	480	480	480
ns[Adimensional]	980.4365	490.2183	326.8122	245.1091	196.0873	163.4061

*Fuente: (Elaboración propia).***4.2.7.3.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.**

Dado que en la fase II sólo se selecciona un generador, este será el generador con mayor velocidad de sincronización. Por tanto, en este método se selecciona un generador síncrono con las siguientes características:

- Potencia de la turbina = 412.4675 kW
- Potencia del generador = 401.4684 kW
- Eficiencia del generador = 87.60 %
- Factor de potencia = 0.9 -
- Número de polos = **8** -
- Velocidad síncrona = 900 RPM
- Frecuencia = 60 Hz
- Tensión nominal = 190/200/208/220/  
230/240(x10)/254/265/  
277/380/400/415/  
416(x10)/440/460 /480 V
- Velocidad específica = 245.1091

Es importante tener en cuenta que se deben considerar los siguientes factores al definir este generador para el caso de uso instalado:

- Primero, La turbina Francis se debe utilizar como opción para determinar otros parámetros requeridos para el uso de este tipo de turbina. De igual forma, la selección de este tipo de turbina se describe detalladamente en el procedimiento de selección de generador basado en los Apéndices 1 y 2..

- Segundo, Se debe utilizar una velocidad síncrona de 900 rpm para determinar las dimensiones de la turbina (por ejemplo, palas, diámetro de la turbina, boquillas y otras variables que dependen de este parámetro específico).
- Tercero, El generador síncrono seleccionado no requiere la construcción de un multiplicador de velocidad..
- Cuarto, El generador síncrono seleccionado se puede montar horizontal o verticalmente.

#### 4.2.7.4. Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01.

Finalmente, el resumen de los datos técnicos del grupo de generación turbina – generador para la minicentral hidroeléctrica Mapacho a nivel de sección transversal se presenta en la Tabla 4.13.

**Tabla 4.13**

*MCH de Mapacho 01 característica técnica definitiva del grupo de generación turbina- generador grupo 01.*

<b>GRUPO 01</b>		
Características Técnicas Turbina		
Características	Valor	Unidad
Tipo :	Francis	-
Modelo :	-	-
Salto bruto :	33	m
Potencia :	412.4675	kW
Velocidad específica	245.1091	
Velocidad Síncrona :	900	RPM
Eficiencia mínima :	88.77	%
Año :	-	-
Caudal :	1.5045	m <sup>3</sup> /s
Serie :	-	-
Peso :	-	kg

Características del Generador		
Características	Valor	Unidad
Tipo :	Síncrono	-
Modelo :	-	-
Fase :	3	
Nivel de tensión :	4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión :	Y/ <b>Δ</b>	-
Potencia :	401.4684	kW
Factor de potencia :	0.9	-
Velocidad síncrona :	<b>900</b>	RPM
Frecuencia :	60	Hz
Eficiencia mínima :	87.60	%
Número de polos :	<b>8</b>	-

*Fuente:* (Elaboración propia).

#### **4.2.8. MAPACHO 02, grupo generación 01 - Minicentral hidroeléctrica de Mapacho 02.**

En este caso se ha tenido en cuenta los siguientes datos proporcionados por la central hidroeléctrica de Mapacho 02:

- El proyecto a nivel de perfil considera el diseñado de obras de captación y de conducción a partir del caudal de diseño.
- El proyecto considera una altura bruta de 28 m, este parámetro se determina midiendo a partir de los métodos de mediciones en cuanto a los saltos y la evaluación de las perdidas hidráulicas en la tubería forzada.
- El proyecto considera un caudal de diseño del tipo 1, considerando para el grupo de generación 01 igual a 1.77 m<sup>3</sup>/s de 5.31 m<sup>3</sup>/s sin incluir caudales ambientales en el caudal de diseño al no contar con un estudio de impacto ambiental (EIA) que confirme o demuestre este valor.
- El proyecto dispone de un historial de caudales mensuales anuales, como se muestra en la tabla 4.3.
- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas.

##### **4.2.8.1. Escenario de saltos**

Para el proyecto Mapacho 02 con perfil hidroeléctrico pequeño, la altura final del líquido (Hliqf) o Hn se determinará tomando como entrada la altura total proporcionada por la central M.C.H tipo 1, es decir de agua fluyente.

#### **4.2.8.1.1. Resumen y análisis de resultados.**

Para el MCH Mapacho 02, tomando en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas propuestas aplicables a la mini plataforma MCH Tipo 1, el escenario de verificación del salto determina que la altura final del líquido es de 26.712 m, equivalente a corresponde a un salto limpio. ( $H_n$ ). Ya que este parámetro está disponible y se considera óptimo para la selección de la turbina, con base en la ecuación propuesta en este trabajo.

- $H_b = 28 \quad m$
- $H_{liqf} = 26.712 \quad m$

#### **4.2.8.2. Escenario de caudales**

Para el proyecto de pequeña hidroeléctrica Mapacho 02, el caudal final de la turbina ( $V_{cf}$ ) del proyecto se determinó ingresando los valores ya incluidos (caudal de diseño Tipo 1 y caudales históricos mes - por año). de M.C.H. Tipo 1, teniendo también en cuenta los valores propuestos del método (consideración del porcentaje fijo de caudal ecológico reglamentado).

##### **4.2.8.2.1. Resumen y análisis de resultados.**

El caudal de diseño tipo 1 para todos los meses del año según la tabla 4.14 es de 1.77  $m^3/s$  por grupo de generación, para este valor evaluado permite la reserva del El flujo inicial disponible en el ambiente ( $Q_{eDisponibleInicial}$ ) es suficiente para mantener y proteger el ambiente. Porque en agosto el caudal disponible inicial ( $Q_{eDisponibleInicial}$ ) fue de 8.258  $m^3/s$ , superior al caudal ambiental regulado ( $Q_{eReglamentado}$ ) fijado en el mismo mes en 1.504  $m^3/s$ . Por lo tanto, el método determina un caudal ambiental constante ( $Q_{eConstant}$ ) de 0,2655  $m^3/s$ , reduciendo así el caudal de diseño Tipo 1 ( $Q_d$ ) de 1,77  $m^3/s$  al El diseño final por turbina es de 1,5045  $m^3/s$ . Esta reducción, a su vez, permite determinar el caudal ambiental

final disponible ( $Q_{\text{DisponibleFinal}}$ ) para todos los meses del año, capaz de mantener el caudal de reserva y correspondiente al caudal ambiental regulado ( $Q_{\text{Reglamentado}}$ ) establecido por el organismo de cuenca, en otras palabras. : El caudal ambiental final disponible supera el caudal ambiental regulado ( $Q_{\text{DisponibleFinal}} > Q_{\text{Reglamentado}}$ ) incluso en el mes más importante del año, como se muestra en la tabla 4.14. y Figura 4.5.

**Tabla 4.14**

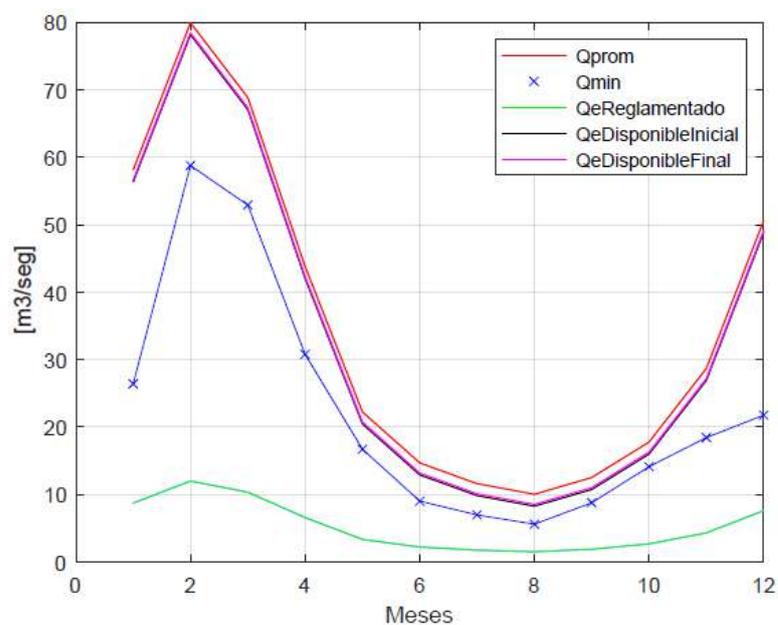
*MCH de Mapacho 02 resumen de resultados escenario de caudales.*

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
$Q_{\text{prom}}$ [m <sup>3</sup> /seg	58.096	79.928	68.838	43.78	22.23	14.67	11.59	10.028	12.506	17.772	28.684	50.626
$Q_{\text{min}}$ [m <sup>3</sup> /seg	26.390	58.770	52.90	30.76	16.70	9.01	6.96	5.59	8.77	14.12	18.43	21.75
$Q_{\text{DisponibleInicial}}$ [m <sup>3</sup> /seg]	56.326	78.158	67.068	42.02	20.45	12.90	9.828	8.258	10.736	16.002	26.914	48.856
$Q_{\text{Reglamentado}}$ [m <sup>3</sup> /seg]	8.7144	11.989	10.326	6.567	3.333	2.201	1.739	1.504	1.876	2.6658	4.3026	7.594
$Q_{\text{Constante}}$ [m <sup>3</sup> /seg]	0.2655	0.2655	0.2655	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265	0.265
$V_{\text{cf}}$ [m <sup>3</sup> /seg]	1.5045	1.5045	1.5045	1.504	1.504	1.504	1.504	1.504	1.504	1.504	1.504	1.504
$Q_{\text{d}}$ [m <sup>3</sup> /seg]	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
$Q_{\text{DisponibleFinal}}$ [m <sup>3</sup> /seg]	56.591	78.424	67.334	42.28	20.72	13.16	10.09	8.523	11.002	16.267	27.18	49.121

*Fuente: (Elaboración propia).*

**Figura 4.5**

*MCH de Mapacho 02 grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales.*



*Fuente: (Elaboración propia).*

Finalmente, este método logró resultados positivos en la determinación del caudal final de la turbina ( $V_{cf}$ ), que corresponde a la cantidad de reserva de caudal ambiental necesaria para mantener y proteger el medio ambiente. Además, el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) permanecerá sin cambios o fluctuará a medida que la organización de la cuenca propuesta considere flujos ambientales adicionales, lo que llevará a una determinación precisa de la capacidad de la turbina y a partir de ahí seleccionar el generador óptimo para el M tipo 1 mini. central hidroeléctrica. Por otro lado, cabe señalar que el enfoque en este método permite optimizar el proceso de diseño de mini centrales hidroeléctricas de tipo 1 sin realizar un estudio de impacto ambiental porque el cálculo lleva más tiempo. determinación de caudales ambientales, es decir, el método propuesto ya no depende de estudios de impacto ambiental y determina el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) en un tiempo muy corto en comparación con los estudios de impacto ambiental. Los resultados obtenidos son satisfactorios para determinar el caudal de diseño final ( $V_{cf}$ ) de la turbina, que corresponderá a la reserva de caudal ambiental para mantener y proteger el medio ambiente. Además, el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) permanecerá sin cambios o fluctuará a medida que la organización de la cuenca propuesta considere flujos ambientales adicionales, lo que llevará a una determinación precisa de la capacidad de la turbina y a partir de ahí seleccionar el generador óptimo para el M tipo 1 mini. central hidroeléctrica. Por otro lado, cabe señalar que el enfoque en este método permite optimizar el proceso de diseño de mini centrales hidroeléctricas de tipo 1 sin realizar un estudio de impacto ambiental porque el cálculo lleva más tiempo. determinación de caudales ambientales, es decir, el método propuesto ya no depende de estudios de impacto ambiental y determina el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) en un tiempo muy corto en comparación con los estudios de impacto ambiental.

#### 4.2.9. Datos requeridos por la propuesta.

##### 4.2.9.1. Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica.

##### 4.2.9.1.1. Datos históricos de caudales mensuales anuales.

Uno de los datos necesarios para la minicentral hidroeléctrica tipo M.C.H. es el historial de caudal promedio mensual presentado en la Tabla 4.15. Tipo 1 (agua fluyente). Además, la historia de estos caudales mensuales es el resultado de muchas mediciones diferentes a lo largo de meses y años, recopiladas utilizando diversas herramientas de información hidrológica como:

- Hidrogramas.
- Ecuaciones empíricas.
- Curva de duración de caudales (porcentaje de persistencia de caudales)
- Información que se registra por alguna entidad de cuenca encargada en hidrología pertenecientes a cada país.

**Tabla 4.15**

*Historial de caudales medios mensuales.*

Historial de caudales medios mensuales					
Meses	Años				
	1	2	3	4	5
Enero	52.15	51.30	85.19	75.45	26.39
Febrero	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77
Marzo	66.10	56.75	84.22	84.22	52.90
Abril	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52
Mayo	27.63	16.70	27.96	18.41	20.43
Junio	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01
Julio	17.83	13.55	11.95	7.70	6.96
Agosto	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59
Setiembre	17.43	12.90	12.45	10.98	8.77
Octubre	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48
Noviembre	39.88	20.90	34.68	18.43	29.53
Diciembre	56.62	46.19	75.58	21.75	52.99

*Fuente: (ANA)*

Cabe señalar que la propuesta considera los caudales históricos anuales y mensuales como datos necesarios. A partir de esta información se realizarán análisis para establecer nuevos caudales óptimos, teniendo en cuenta los caudales ambientales asociados de forma continua para mantener los caudales necesarios para conservar y proteger. el medio ambiente. Por otro lado, el flujo de diseño, como se mencionó anteriormente, se puede obtener de diversas formas: usando ecuaciones empíricas, midiendo la densidad o usando una curva porcentual de flujo constante. En este caso, el caudal de diseño se estimará mediante el método de la curva de flujo-tiempo (como porcentaje de la inercia del flujo):

**Tabla 4.16**

*Porcentaje de persistencia de caudales medios mensuales.*

PORCENTAJE DE PERSISTENCIA DE CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES PARA Q <sub>d</sub>							
Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)
100%	<b>5.59</b>	74%	15.62	48%	25.22	22%	56.62
99%	6.40	73%	15.94	47%	26.72	21%	56.70
98%	7.09	72%	16.05	46%	27.46	20%	57.15
97%	7.53	71%	16.17	45%	27.78	19%	58.35
96%	7.72	70%	16.52	44%	28.02	18%	60.89
95%	7.75	69%	16.82	43%	28.95	17%	64.18
94%	8.29	68%	17.05	42%	29.80	16%	65.28
93%	8.75	67%	17.18	41%	30.53	15%	66.02
92%	8.76	66%	17.27	40%	32.33	14%	66.08
91%	8.84	65%	17.37	39%	34.64	13%	69.19
90%	8.99	64%	17.53	38%	36.91	12%	74.70
89%	9.93	63%	17.76	37%	38.75	11%	75.52
88%	10.90	62%	18.07	36%	39.55	10%	76.44
87%	10.95	61%	18.41	35%	40.81	9%	81.54
86%	11.23	60%	18.42	34%	42.38	8%	84.22
85%	11.80	59%	18.63	33%	42.66	7%	84.22
84%	11.94	58%	19.25	32%	43.17	6%	84.67
83%	11.97	57%	19.75	31%	45.20	5%	85.22
82%	12.26	56%	20.18	30%	47.72	4%	85.63
81%	12.54	55%	20.33	29%	50.74	3%	86.44
80%	12.81	54%	20.50	28%	51.71	2%	87.89
79%	13.15	53%	20.77	27%	52.20	1%	93.39
78%	13.54	52%	21.17	26%	52.65	0%	100.66

77%	13.87	51%	21.67	25%	52.92
76%	14.33	50%	22.24	24%	52.98
75%	15.11	49%	23.05	23%	54.55

Caudal con mayor persistencia (Qd)	<b>5.59</b>	(90% Qd) =	5.03
------------------------------------	-------------	------------	------

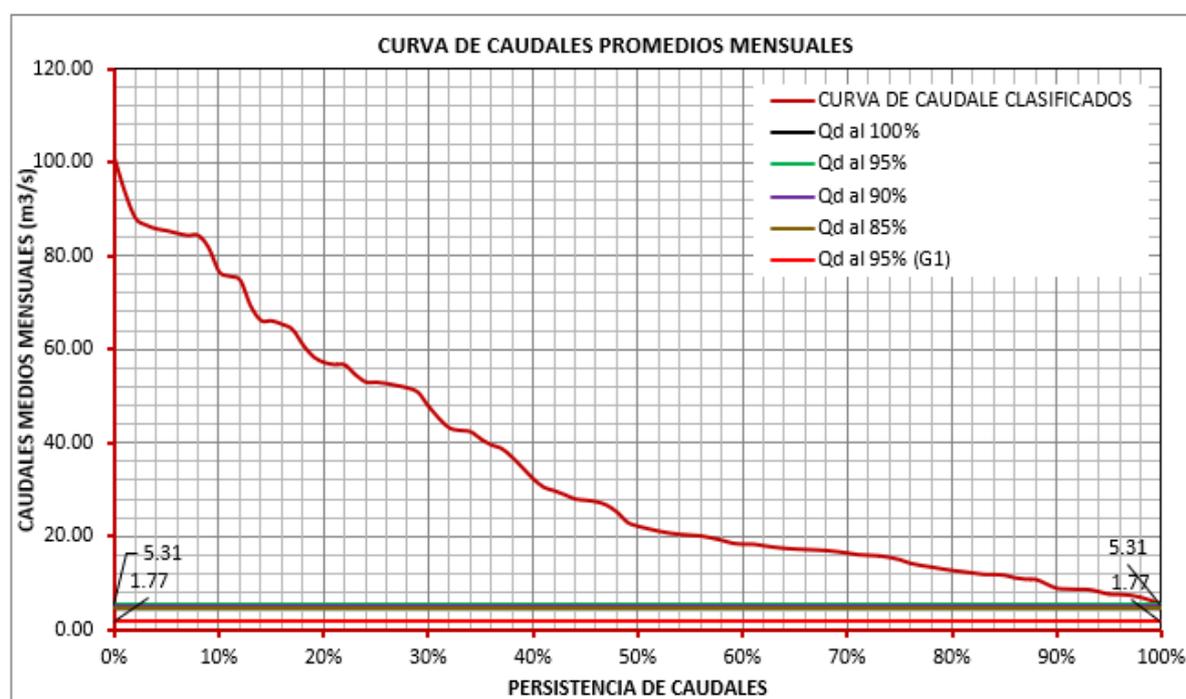
<b>(95% Qd) =</b>	<b>5.31</b>	ESHA	(85% Qd) =	4.75
-------------------	-------------	------	------------	------

<b>(95% QdG1) =</b>	<b>1.77</b>	CAUDAL GRUPO 1
<b>(95% QdG2) =</b>	<b>1.77</b>	CAUDAL GRUPO 2
<b>(95% QdG3) =</b>	<b>1.77</b>	CAUDAL GRUPO 3

Fuente: (Elaboración propia)

**Figura 4.6**

Curva de persistencia de caudales medios mensuales.



Fuente: (Elaboración propia).

Por lo que el caudal del proyecto final por turbina se distribuye según la tabla 4.17.

**Tabla 4.17**

MCH de Mapacho 02 resumen de resultados escenario de caudales.

Nombre	Grupos
--------	--------

	Caudal de diseño (m3/s)		Caudal de entrada por Grupo (m3/s)
CH MAPACHO 02	5.31	Grupo 01	1.77
		Grupo 02	1.77
		Grupo 03	1.77
Nombre	Caudal final del proyecto por turbina (m3/s)	Grupos	Caudal de entrada por Grupo (m3/s)
CH MAPACHO 02	4.514	Grupo 01	1.5045
		Grupo 02	1.5045
		Grupo 03	1.5045

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### 4.2.9.2. Escenario de potencia de turbina grupo 01

En este caso, Este método proporciona la información y los procedimientos necesarios para determinar la capacidad final de la turbina (P<sub>tf</sub>) en función de los datos de entrada evaluados en escenarios de oleada y flujo, así como los valores recomendados para la eficiencia de la turbina y la gravedad específica del agua.

##### 4.2.9.2.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.

Para la MCH de Mapacho 02, el método determina una potencia final de la turbina (P<sub>tf</sub>) de 349.9724 kW considerando los datos siguientes:

- $H_{liqf} = 26.712 \quad m$
- $V_{cf} = 1.5045 \quad m^3/s$
- $N_t = 88.77 \quad \%$

- $\gamma_a = 9.81 \text{ kN/m}^3$
- $P_{ft} = 349.9724 \text{ kW}$

La potencia de la turbina ( $P_{ft}$ ) y los datos anteriores se determinan teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas introducidos por este método en este escenario de verificación y como resultado se concluye que la aplicación de esta demostración en mini MCH tipo 1 es razonable. . Por otro lado, este método optimiza la capacidad de la turbina ( $P_{ft}$ ) mediante una optimización previa: altura de fluido final, flujo de diseño final por turbina y así actualiza el rendimiento de la turbina..

#### **4.2.9.3. Escenario de las características técnicas del generador**

En este caso, el método utiliza la información, métodos y procedimientos necesarios para obtener especificaciones específicas de velocidad del generador y de la turbina, tomando como entrada los valores determinados en los Otros escenarios (escenario de sobretensión y escenario de capacidad de la turbina). turbina) así como los valores recomendados para este método (eficiencia del generador, factor de potencia, frecuencia, número de polos y tensión nominal).

##### **4.2.9.3.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.**

Para MSN Mapacho 02, los parámetros técnicos del transmisor listados en la Tabla 4.18 se determinan en base a las condiciones técnicas establecidas. Seguir el proceso descrito en esta recomendación determinará el generador más adecuado para su aplicación específica.

**Tabla 4.18***MCH Mapacho 02 resumen de las características técnicas de los generadores síncronos.*

Parámetro	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador	
	1	2	3	4	5	6	
Pt[KW]	349.9724	349.9724	349.9724	349.9724	349.9724	349.9724	
Pg[KW]	340.6398	340.6398	340.6398	340.6398	340.6398	340.6398	
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
f[hertz]	60	60	60	60	60	60	
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12	
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600	
Vn[Voltios]	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	
	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	
	15/416(x1	15/416(x1	15/416(x1	15/416(x1	15/416(x1	15/416(x1	
	0)/440/460	0)/440/460	0)/440/460	0)/440/460	0)/440/460	0)/440/460	
	/480	/480	/480	/480	/480	/480	
	ns[Adimensional]	1109	554.51	369.6708	277.2531	221.8025	184.8354

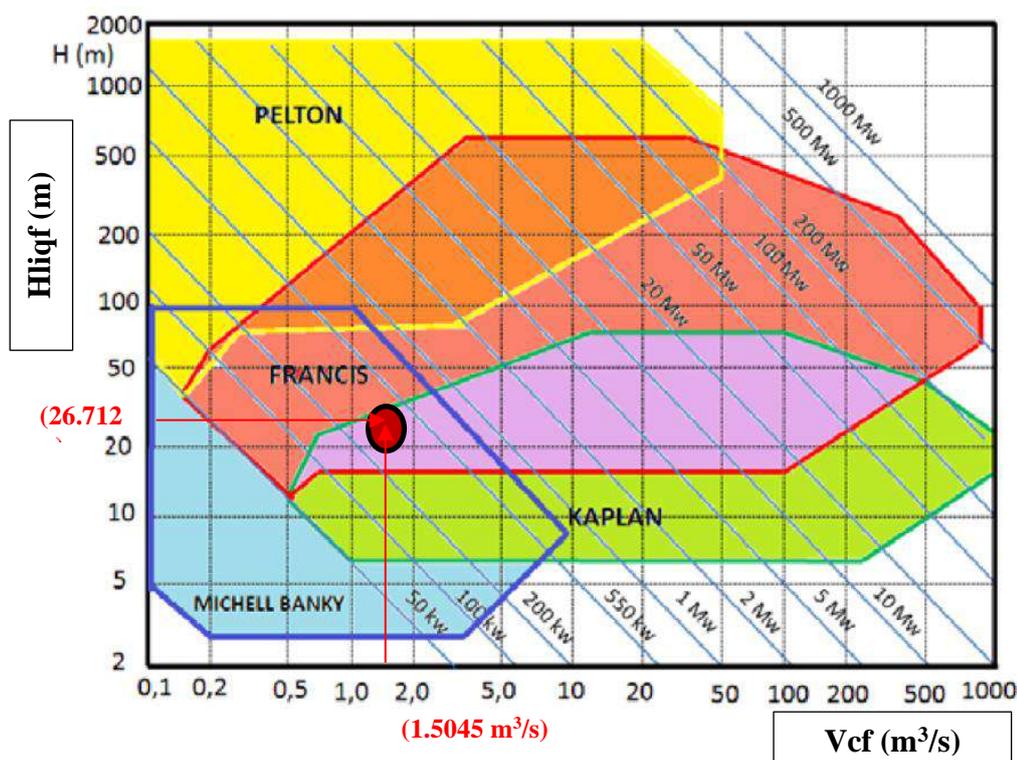
*Fuente: (Elaboración propia).*

#### 4.2.9.3.2. Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.

Considerando la altura de fluido final (Hliqf) de 26.712 m y el flujo de diseño final por turbina de 1,5045 m<sup>3</sup>/s en la Figura 4.7, este método sugiere tres tipos de turbinas de la siguiente manera:

Michelle Banks, Francis y Kaplan. Por lo tanto, la tabla 4.19 se utiliza para determinar el tipo de turbina para un grupo de generación determinado. Esto demuestra que las turbinas Francis y Kaplan son las más eficientes, a su vez se descarta la Kaplan por la magnitud del caudal que se requiere, quedándonos con la turbina Francis.

**Figura 4.7** MCH Mapacho 02 selección del tipo de turbina grupo 01.



Fuente: (HACKER, 2015).

**Tabla 4.19**

*MCH de Mapacho 02 selección de la turbina más óptima grupo 01.*

TIPO	INVENTOR Y AÑO DE PATENTE	Ns [Adimensional]	Qd [m <sup>3</sup> /seg]	Hn [m]	P [KW]	Nmax [%]
Turbina Pelton	Lesster Pelton 1980	1ch30-6ch50-70	0.05-50	30-1800	2-30000	91
Turgo	Eric Crewdson 1920	60-260	0.025-10	15-300	5--8000	85
Michell Banky	A.GMichell Banky	40-160	0.025-5	1-200	1-750	82
Bomba rotodinámica	Dionisio Papin 1689	30-170	0.025-25	10-250	5-500	80
Francis	James Francis 1848	160-150, R250-400	1-500	2-750	2-750000	92
Deriaz	P. Deriaz 1956	60-400	500	30-130	100000	92
Kaplan y de Elice	Kaplan 1912	300-800	1000	5--80	2-200000	93
Axialesk	H<25	300-800	600	5--30	10000	93

*Fuente:* (INEA, 1997)

#### **4.2.9.3.3. Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección.**

De la Tabla 4.20, teniendo en cuenta la turbina Francis elegida y la altura final del fluido de 26712 m, se eligió el rango de velocidades de 200 a 300, siempre teniendo en cuenta el número mínimo de boquillas.

**Tabla 4.20**

*MCH de Mapacho 02 selección del rango de velocidades específicas grupo 01.*

VELOCIDAD ESPECIFICA [ns]	TIPO DE TURBINA	ALTURA LIQUIDA FINAL [m]
Hasta 18	Pelton con una tobera	800
19 a 25	Pelton con una tobera	400 a 800
26 a 35	Pelton con una tobera	100 a 400
26 a 35	Pelton con dos toberas	400 a 800
36 a 50	Pelton con dos toberas	100 a 400
51 a 72	Pelton con cuatro toberas	100 a 400
55 a 70	Francis lentísima	200 a 400
70 a 120	Francis lenta	100 a 200
120 a 200	Francis media	50 a 100
200 a 300	Francis veloz	25 a 50
300 a 450	Francis ultraveloz	15 a 25
400-500	Helice velocísima	Hasta 15
270 a 500	Kaplan lenta	15 a 25
500 a 800	Kaplan veloz	5 a 15
800-1100	Kaplan velocísima	5

*Fuente: (Castelfranchi, 1971).*

Por tanto, la primera elección de generador determinada para este rango de velocidades se muestra en la tabla 4.21:

**Tabla 4.21***MCH de Mapacho 02 primera selección de generadores grupo 01.*

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	349.9724	349.9724	349.9724	349.9724	349.9724	349.9724
Pg[KW]	340.6398	340.6398	340.6398	340.6398	340.6398	340.6398
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10
)	)	)	)	)	)	
	480	480	480	480	480	480
ns[Adimensional]	1109	554.5062	369.6708	277.2531	221.8025	184.8354

*Fuente: (Elaboración propia).***4.2.9.3.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.**

Dado que en la fase II sólo se selecciona un generador, este será el generador con mayor velocidad de sincronización. Por tanto, en este método se selecciona un generador síncrono con las siguientes características:

- Potencia de la turbina = 349.9724 kW
- Potencia del generador = 340.6398 kW
- Eficiencia del generador = 87.60 %
- Factor de potencia = 0.9 -
- Número de polos = 8 -
- Velocidad síncrona = 900 RPM
- Frecuencia = 60 Hz
- Tensión nominal = 190/200/208/220/  
230/240(x10)/254/265/  
277/380/400/415/  
416(x10)/440/460 /480 V
- Velocidad específica = 277.2531

Es importante tener en cuenta que se deben considerar los siguientes factores al definir este generador para un caso de uso establecido:

- Primero, se debe utilizar la turbina Francis según selección, para definir los demás parámetros y que son necesarios según la utilización de este tipo de turbina. Así mismo, la selección de este tipo de turbina se detalla en los procedimientos para seleccionar el generador que se fundamenta en los anexos 2.

- Segundo, se debe utilizar una velocidad de sincronismo de 900 RPM, para la determinación de las dimensiones de la turbina (como los álabes, diámetro de la turbina, toberas, y demás variables que son dependientes de este parámetro definido)
- Tercero, el generador síncrono seleccionado no requiere un diseño de multiplicador de velocidad.
- Cuarto, el generador síncrono seleccionado puede instalarse de forma horizontal o vertical.

#### 4.2.9.4. Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01.

Finalmente, el resumen de los datos técnicos del grupo de generación turbina – generador para la mini central hidroeléctrica Mapacho 02 a nivel de perfil se muestra en la tabla 4.22.

**Tabla 4.22**

*MCH de Mapacho 02 característica técnica definitiva del grupo de generación turbina- generador grupo 01.*

<b>GRUPO 01</b>		
Características Técnicas Turbina		
Características	Valor	Unidad
Tipo :	Francis	-
Modelo :	-	-
Salto bruto :	28	m
Potencia :	349.9724	kW
Velocidad específica	277.2531	
Velocidad Síncrona :	900	RPM
Eficiencia mínima :	88.77	%
Año :	-	-
Caudal :	1.5045	m <sup>3</sup> /s
Serie :	-	-
Peso :	-	kg

Características del Generador		
Características	Valor	Unidad
Tipo :	Síncrono	-
Modelo :	-	-
Fase :	3	
Nivel de tensión :	4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión :	Y/ <b>Δ</b>	-
Potencia :	340.6398	kW
Factor de potencia :	0.9	-
Velocidad síncrona :	<b>900</b>	RPM
Frecuencia :	60	Hz
Eficiencia mínima :	87.60	%
Número de polos :	<b>8</b>	-

*Fuente:* (Elaboración propia).

### 4.3. Minicentral hidroeléctrica de Minicentral hidroeléctrica de Salcca-Combapata-Canchis-Cusco.

#### 4.3.1. Ubicación política.

El perfil del proyecto de la minicentral hidroeléctrica de Salcca 01 y 02 se ubica en el distrito de Combapata Provincia de Canchis departamento del Cusco. se considera una mini central hidroeléctrica del tipo M.C.H Tipo 1 debido a las características y requerimientos propuestos en el diseño del perfil del proyecto.

**Tabla 4.23**

*Ubicación política del proyecto.*

Descripción	Distrito	Provincia	Región
Central hidroeléctrica de Salcca 01	Combapata	Canchis	Cusco
Central hidroeléctrica de Salcca 02	Combapata	Canchis	Cusco

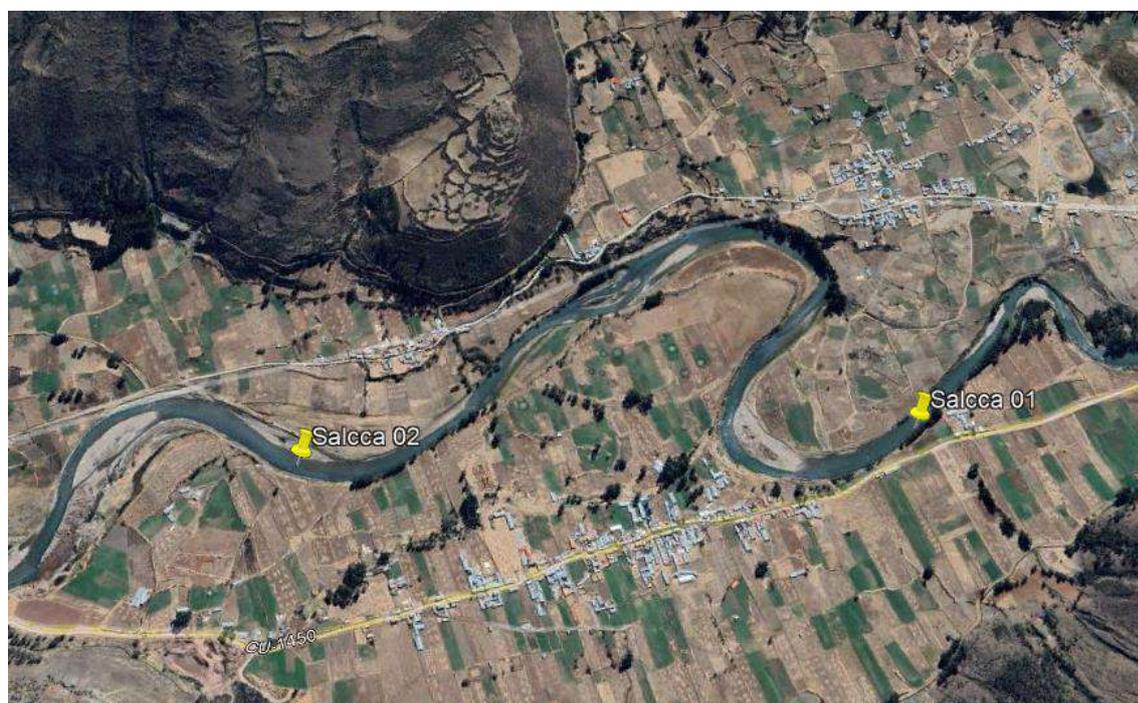
*Fuente: (Elaboración propia).*

#### 4.3.2. Ubicación geográfica.

En el siguiente cuadro se señala la ubicación espacial donde se encuentra ubicado la Minicentral central hidroeléctrica de Salcca 01 y 02, esta ubicación queda indicada bajo coordenadas UTM WGS84:

**Tabla 4.24***Ubicación geografía central hidroeléctrica Salcca 01*

Área	Componentes	COORDENADAS UTM- WGS84 – Zona 18L	
		Este (m)	Norte (m)
Obras generación Salcca 01	Casa de máquinas	8441064	241333
Obras generación Salcca 02	Casa de máquinas	8441181	240155

*Fuente: (Elaboración propia).***Figura 4.8** *Ubicación geografía central hidroeléctrica Salcca 01.**Fuente: (Google Maps).*

### **4.3.3. Características del proyecto.**

Introducción a los proyectos 01 y 02 de la pequeña central hidroeléctrica de Salka En el proceso de producción de electricidad, primero se toma agua del río Salka a una altitud de aproximadamente 3500,00 metros y se canaliza a través de un pequeño espacio de presa hasta el canal interior, y desde allí Al llegar a la esclusa, antes de ingresar a la central eléctrica donde se ubican las turbinas y los generadores, el agua se retroalimenta al arroyo de manera controlada para que las fluctuaciones en el caudal no afecten el ecosistema del arroyo. La electricidad generada será entregada a los patios centrales donde se ubican los transformadores, y la energía de media tensión se distribuirá a las localidades aledañas a las centrales hidroeléctricas Salka 01 y 02.

#### **4.3.3.1. Turbina.**

La central hidroeléctrica de Salcca 01 y 02 estarán equipadas con tres turbinas tipo Francis de eje horizontal con dos rodets de 500 mm de diámetro y uno de 490 mm de diámetro montado sobre el eje del generador mediante bridas de conexión o buje cónico. Estas turbinas Francis son capaces de funcionar de forma continua y producir la máxima potencia en las siguientes condiciones de flujo y caída neta:

#### **4.3.4. Características hidrológicas de la Minicentral hidroeléctrica Salcca 01 y 02.**

- El proyecto considera el diseñado de obras de captación y de conducción a partir del caudal de diseño.
- El proyecto considera una altura o salto bruto de 25m para la minicentral hidroeléctrica de Salcca 01 y salto bruto de 21m para la minicentral hidroeléctrica

de Salcca 02, este parámetro se determina midiendo a partir de los métodos de mediciones en cuanto a los saltos.

- El proyecto considera un caudal total de diseño de tipo 1, de 8.57 m<sup>3</sup>/s y a 2.71 m<sup>3</sup>/s para cada grupo de generación 01, 02 y 03, para la minicentral **hidroeléctrica de Salcca 01 y 02**, sin incluir el caudal ecológico en el caudal de diseño, ya que no dispone de un estudio de impacto ambiental (E.I.A) que respalde o fundamente este valor.
- El proyecto a nivel de perfil dispone de un historial de caudales mensuales anuales, como se muestra en la tabla 4.25 para la minicentral hidroeléctrica de Salcca 01 y 02.
- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas para ambos casos.

#### 4.3.4.1. Historial de caudales mensuales anuales central hidroeléctrica Salcca 01 y 02.

A continuación, se muestra el resumen de los caudales medios mensuales – anuales pertenecientes al río Salcca.

**Tabla 4.25** *Historial de caudales medios mensuales – anuales Minicentral Hidroeléctrica de Salcca 01 y 02.*

<b>Historial de caudales medios mensuales</b>					
Meses	Años				
	1(2019)	2(2020)	3(2021)	4(2022)	5(2023)
Enero	24.2677	47.2045	47.9455	46.4200	24.1306
Febrero	36.9186	66.1400	44.2000	53.0286	36.8881
Marzo	37.1416	56.2000	42.7909	41.2000	38.5619
Abril	31.9744	36.8304	35.7850	34.3000	30.1883
Mayo	19.3817	18.4048	14.7682	18.2600	22.3029
Junio	13.1633	10.9864	9.2905	9.1853	12.3437

Julio	14.4400	8.5650	9.1556	8.9961	14.6045
Agosto	19.8489	12.1818	16.4636	16.1418	16.7025
Setiembre	17.8600	17.9190	14.9091	14.5286	18.6967
Octubre	17.8813	19.8000	13.4222	13.2961	21.2007
Noviembre	28.4389	21.9909	20.6650	20.1920	26.5578
Diciembre	40.7895	28.4500	46.1895	46.1374	39.5281

*Fuente: (ANA).*

#### **4.3.5. Casos de estudio de la Minicentral hidroeléctrica de Salcca 01 y 02.**

Ya que una mini central M.C.H TIPO 1, proporciona los parámetros de registro de historial de caudales mensuales anuales y una altura o salto bruto se considera un caso de aplicación. El resumen de las características de estos casos se muestra en la tabla 4.26.

**Tabla 4.26** *Casos de estudio.*

Casos de estudio	Consideraciones
MCH de Salcca 01	Salto bruto Historial de caudales (95%QdG1)
MCH de Salcca 02	Salto bruto Historial de caudales (95%QdG1)

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### **4.3.6. SALCCA 01, grupo generación 01 - Minicentral hidroeléctrica de Salcca.**

En este caso se ha tenido en cuenta los siguientes datos proporcionados del proyecto a nivel de perfil de la Minicentral hidroeléctrica de Salcca:

- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas.
- El proyecto considera el diseñado de obras de captación y de conducción a partir del caudal de diseño.

- El proyecto considera una altura o salto bruto de 25 m, este parámetro se determinó midiendo a partir de los métodos de mediciones en cuanto a los saltos.
- El proyecto considera un caudal de diseño del tipo 1, considerando para el grupo de generación 01 igual a 2.71 m<sup>3</sup>/s de 8.14 m<sup>3</sup>/s sin incluir el caudal ecológico en el caudal de diseño, ya que no dispone de un estudio de impacto ambiental (E.I.A) que respalde o fundamente este valor.
- El proyecto dispone de un historial de caudales mensuales anuales, como se muestra en la tabla 4.25.

#### **4.3.6.1. Escenario de saltos**

En este caso, el método utiliza las informaciones, técnicas y procedimientos necesarios para obtener las especificaciones del generador y velocidad específica de la turbina, tomando como entrada los valores determinados en otros escenarios (escenarios de potencia pico y de turbina) y los valores sugeridos por este método (eficiencia del generador, factor de potencia, frecuencia, número máximo y tensión nominal).

##### **4.3.6.1.1. Resumen y análisis de resultados.**

Para la MCH de Salcca 01, teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas propuestas aplicables a la mini central M.C.H tipo 1, según el escenario de validación de saltos, se determina que la altura líquida final es de 23.85 m de un salto bruto de 25 m.

- $H_b = 25 \text{ m}$
- $H_{liqf} = 23.85 \text{ m}$

#### **4.3.6.2. Escenario de caudales**

Para el proyecto hidroeléctrico pequeño de Salka, a nivel de perfil, el caudal final ( $V_{cf}$ ) para cada turbina incluida en el proyecto se determinó utilizando valores (caudal de diseño de Categoría 1 y registros históricos) como entrada. Tipo 1 así como valores recomendados para este método (asumiendo un porcentaje fijo de caudal ecológico regulado).

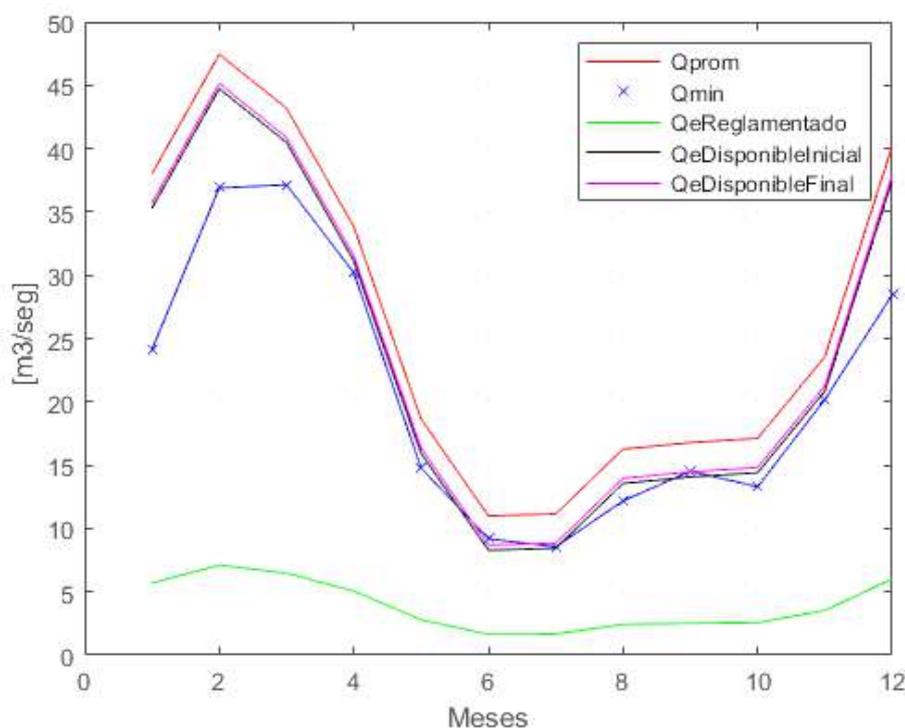
##### **4.3.6.2.1. Resumen y análisis de resultados.**

Según 4.27. El caudal de diseño de categoría 1 de las tablas para todos los meses del año es de  $2,71 \text{ m}^3/\text{s}$  por grupo de generación, lo que para este valor evaluado permite mantener el caudal ecológico inicialmente disponible ( $Q_{e\text{DisponibleInicial}}$ ), suficiente para mantener y proteger la atmósfera circundante. . . Dado que el valor inicial del caudal disponible ( $Q_{e\text{DisponibleInicial}}$ ) en junio es de  $8,2838 \text{ m}^3/\text{s}$ , es inferior al caudal ecológico regulado ( $Q_{e\text{Reglementado}}$ ) del mismo mes, que equivale a  $1,6491 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En consecuencia, este método establece el caudal ecológico constante ( $Q_{e\text{Constant}}$ ) en  $0,4065 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo que reduce el rendimiento de diseño del Tipo 1 ( $Q_d$ ) de  $2,71 \text{ m}^3/\text{s}$  al caudal de diseño final de una sola planta de  $2,3035 \text{ m}^3/\text{s}$ . Es decir, esta reducción puede volver a determinar el caudal ecológico final disponible ( $Q_{e\text{DisponibleFinal}}$ ) para todos los meses del año y la capacidad de mantener caudales de reserva de acuerdo con los caudales ecológicos regulados establecidos por el organismo de cuenca ( $Q_{e\text{Reglementado}}$ ). En los meses más críticos, el caudal ecológico final disponible también es mayor que el caudal ecológico regulado ( $Q_{e\text{DisponibleFinal}} > Q_{e\text{Reglementado}}$ ), como se muestra en la Figura 4.27. en la tabla y 4.9.

**Tabla 4.27***MCH de Salcca 01 resumen de resultados escenario de caudales.*

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Qprom[m3/seg]	37.994	47.435	43.179	33.816	18.624	10.994	11.152	16.268	16.783	17.12	23.569	40.219
Qmin[m3/seg]	24.131	36.888	37.142	30.188	14.768	9.1853	8.565	12.182	14.529	13.296	20.192	28.45
QeDisponibleInicial[m3/seg]	35.284	44.725	40.469	31.106	15.914	8.2838	8.4422	13.558	14.073	14.41	20.859	37.509
QeReglamentado[m3/seg]	5.699	7.1153	6.4768	5.0723	2.7935	1.6491	1.6728	2.4402	2.5174	2.568	3.5353	6.0328
QeConstante[m3/seg]	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065
Vcf[m3/seg]	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035
Qd[m3/seg]	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71
QeDisponibleFinal[m3/seg]	35.69	45.132	40.875	31.512	16.32	8.6903	8.8487	13.964	14.479	14.817	21.265	37.915

*Fuente: (Elaboración propia).***Figura 4.9***MCH de Salcca 01 grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales.**Fuente: (Elaboración propia).*

El caudal tipo 1 calculado para todos los meses del año según tabla 4.27 es de 2,71 m<sup>3</sup>/s por grupo de generación. Con este valor calculado permite disponer de la reserva de caudal ambiental inicial disponible (QeDisponibleInicial), suficiente para mantener y proteger la atmósfera circundante. . Porque en junio, el caudal disponible inicial (QeDisponibleInicial) fue

de 8,2838 m<sup>3</sup>/s, inferior al caudal ambiental regulado ( $Q_{e\text{Reglamentado}}$ ) de 1,6491 m<sup>3</sup>/s establecido en el mismo mes. Por lo tanto, este método determina un caudal ambiental constante ( $Q_{e\text{Constant}}$ ) de 0,4065 m<sup>3</sup>/s, reduciendo así el caudal de diseño Tipo 1 ( $Q_d$ ) de 2,71 m<sup>3</sup>/s al El volumen de diseño final por turbina es 2,3035 m<sup>3</sup>/s. Finalmente, este método logró resultados positivos en la determinación del caudal final de la turbina ( $V_{cf}$ ), que corresponde a la cantidad de reserva de caudal ambiental necesaria para mantener y proteger el medio ambiente. Además, el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) permanecerá sin cambios o fluctuará a medida que la organización de cuenca propuesta considere flujos ambientales adicionales, lo que llevará a una determinación precisa de la capacidad de la turbina y a partir de ahí seleccionar el generador óptimo para cada turbina. Señaló que el enfoque de este método permite optimizar el proceso de diseño de minicentrales hidroeléctricas tipo 1 sin tener que realizar investigaciones de impacto ambiental. tiempo adicional para determinar el flujo en el medio, es decir, el método propuesto. más largo, independiente de los estudios de impacto ambiental y permitiendo determinar el caudal final de la turbina ( $V_{cf}$ ) del proyecto en muy poco tiempo en comparación con los estudios de impacto ambiental..

#### ***4.3.7. Datos requeridos por la propuesta.***

##### **4.3.7.1. Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica.**

###### **4.3.7.1.1. Datos históricos de caudales mensuales anuales.**

Uno de los datos necesarios para una mini central hidroeléctrica del tipo M.S.H es el diagrama de flujo promedio mensual que se presenta en la Tabla 4.28. tipo 1 (agua corriente). Además, la historia de estos caudales mensuales es el resultado de muchas mediciones diferentes a lo largo de meses y años, recopiladas mediante diversas herramientas de información hidrológica como:

- Hidrogramas.

- Ecuaciones empíricas.
- Curva de duración de caudales (porcentaje de persistencia de caudales)
- Información que se registra por alguna entidad de cuenca encargada en hidrología pertenecientes a cada país.

**Tabla 4.28**

*Historial de caudales medios mensuales.*

Historial de caudales medios mensuales					
Meses	Años				
	1	2	3	4	5
Enero	24.27	47.20	47.95	46.42	24.13
Febrero	36.92	66.14	44.20	53.03	36.89
Marzo	37.14	56.20	42.79	41.20	38.56
Abril	31.97	36.83	35.79	34.30	30.19
Mayo	19.38	18.40	14.77	18.26	22.30
Junio	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34
Julio	14.44	8.57	9.16	9.00	14.60
Agosto	19.85	12.18	16.46	16.14	16.70
Setiembre	17.86	17.92	14.91	14.53	18.70
Octubre	17.88	19.80	13.42	13.30	21.20
Noviembre	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56
Diciembre	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53

*Fuente: (ANA)*

Cabe señalar que la propuesta considera los caudales históricos anuales y mensuales como datos necesarios. A partir de esta información se realizarán análisis para establecer nuevos caudales óptimos, teniendo en cuenta los caudales ambientales asociados de forma continua para mantener los caudales necesarios para conservar y proteger el medio ambiente. Por otro lado, el flujo de diseño, como se mencionó anteriormente, se puede obtener de diversas formas: usando ecuaciones empíricas, midiendo la densidad o usando una curva porcentual de flujo constante. En este caso, el caudal de diseño se estimará mediante el método de la curva de flujo-tiempo (como porcentaje de la inercia del flujo):

Tabla 4.29

Porcentaje de persistencia de caudales medios mensuales.

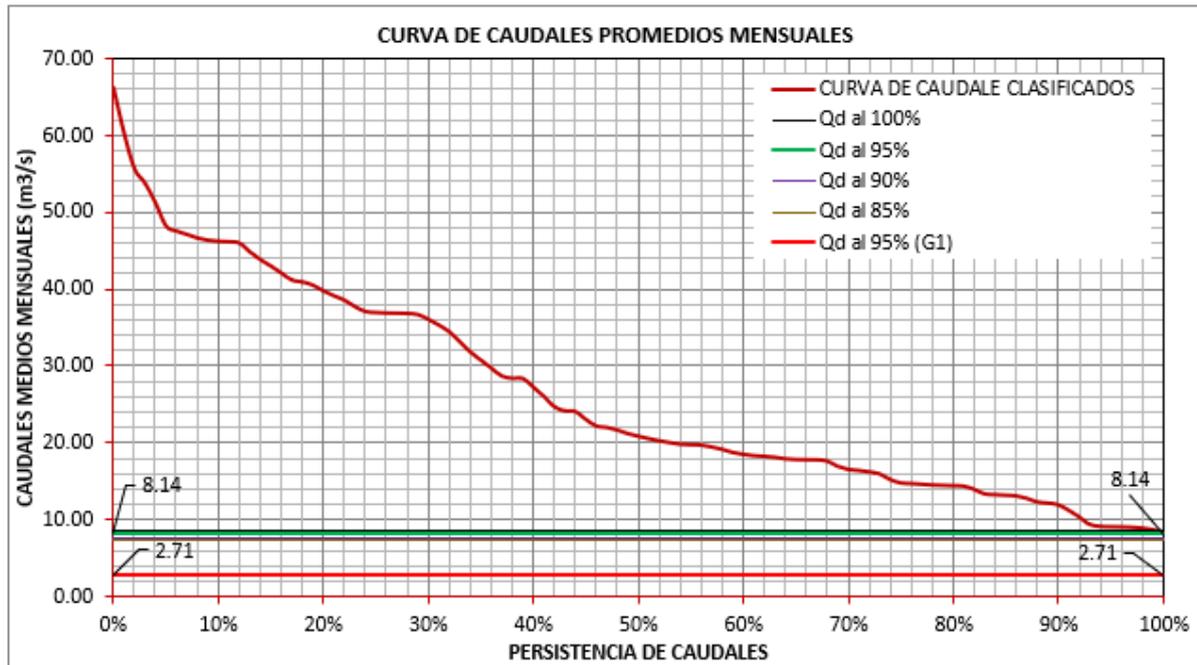
PORCENTAJE DE PERSISTENCIA DE CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES PARA Qd							
Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)
100%	<b>8.57</b>	74%	15.33	48%	21.74	22%	38.58
99%	8.82	73%	16.06	47%	22.08	21%	39.15
98%	9.02	72%	16.31	46%	22.26	20%	39.78
97%	9.12	71%	16.49	45%	23.13	19%	40.52
96%	9.17	70%	16.63	44%	24.14	18%	40.95
95%	9.18	69%	17.04	43%	24.22	17%	41.19
94%	9.24	68%	17.72	42%	24.77	16%	42.09
93%	9.51	67%	17.87	41%	26.12	15%	43.00
92%	10.51	66%	17.88	40%	27.31	14%	43.83
91%	11.36	65%	17.91	39%	28.42	13%	44.84
90%	12.06	64%	18.00	38%	28.45	12%	45.98
89%	12.26	63%	18.20	37%	28.75	11%	46.16
88%	12.41	62%	18.32	36%	29.77	10%	46.21
87%	12.89	61%	18.41	35%	30.81	9%	46.35
86%	13.20	60%	18.58	34%	31.87	8%	46.64
85%	13.28	59%	18.83	33%	33.21	7%	47.10
84%	13.35	58%	19.23	32%	34.48	6%	47.55
83%	13.45	57%	19.54	31%	35.35	5%	48.20
82%	14.05	56%	19.78	30%	36.10	4%	51.20
81%	14.46	55%	19.83	29%	36.72	3%	53.76
80%	14.51	54%	19.90	28%	36.86	2%	55.63
79%	14.56	53%	20.10	27%	36.89	1%	60.28
78%	14.60	52%	20.34	26%	36.91	0%	66.14
77%	14.70	51%	20.62	25%	36.97		
76%	14.79	50%	20.93	24%	37.11		
75%	14.87	49%	21.27	23%	37.75		

Caudal con mayor persistencia (Qd)	<b>8.57</b>	(90% Qd) =	7.71
<u>(95% Qd) =</u>	<b>8.14</b>	ESHA	(85% Qd) = 7.28
<u>(95% QdG1) =</u>	<b>2.71</b>	CAUDAL GRUPO 1	
<u>(95% QdG2) =</u>	<b>2.71</b>	CAUDAL GRUPO 2	
<u>(95% QdG3) =</u>	<b>2.71</b>	CAUDAL GRUPO 3	

Fuente: (Elaboración propia)

**Figura 4.10**

Curva de persistencia de caudales medios mensuales.



Fuente: (Elaboración propia).

Por lo que el caudal del proyecto final por turbina se distribuye nuevamente según la tabla 4.30.

**Tabla 4.30**

MCH de Salcca 01 resumen de resultados escenario de caudales.

Nombre	Caudal de diseño (m³/s)	Grupos	Caudal de entrada por Grupo (m³/s)
CH SALLCA	8.14	Grupo 01	2.71
		Grupo 02	2.71
		Grupo 03	2.71
Nombre	Caudal final del proyecto por turbina (m³/s)	Grupos	Caudal de entrada por Grupo (m³/s)
CH SALLCA	6.9105	Grupo 01	2.3035
		Grupo 02	2.3035
		Grupo 03	2.3035

Fuente: (Elaboración propia).

#### 4.3.7.2. Escenario de potencia de turbina grupo 01

En este caso, el método proporciona la información y los procedimientos necesarios para determinar la capacidad final de la turbina ( $P_{ft}$ ) en función de los datos de entrada evaluados bajo escenarios de oleada y flujo, así como otros valores para la eficiencia recomendada de la turbina y la gravedad específica del agua.

##### 4.3.7.2.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.

Para la MCH de Salcca 01, el método determina una potencial final de la turbina ( $P_{ft}$ ) de 478.4228 kW considerando los datos siguientes:

- $H_b = 25 \quad \text{m}$
- $H_{liqf} = 23.85 \quad \text{m}$
- $V_{cf} = 2.3035 \quad \text{m}^3/\text{s}$
- $N_t = 88.77 \quad \%$
- $\gamma_a = 9.81 \quad \text{kN}/\text{m}^3$
- $P_{ft} = 478.4228 \quad \text{kW}$

La potencia de la turbina ( $P_{ft}$ ) y los datos anteriores se determinaron teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas introducidas por este método en este escenario de prueba y como resultado se concluyó que la aplicación de la prueba de esta solución para el tipo 1 M.C.H. minicentral hidroeléctrica es razonable.

Por otro lado, este método optimiza la potencia de la turbina (Pft) optimizando lo anterior: cabeza de fluido final, flujo de diseño final por turbina y, por lo tanto, eficiencia actualizada de la turbina.

#### 4.3.7.3. Escenario de las características técnicas del generador

En este caso, el método utiliza la información, métodos y procedimientos necesarios para obtener especificaciones específicas de velocidad del generador y de la turbina, tomando como entrada los valores determinados en los Otros escenarios (escenario de sobretensión y escenario de capacidad de la turbina). turbina) así como los valores recomendados para este método (eficiencia del generador, factor de potencia, frecuencia, número de polos y tensión nominal).

##### 4.3.7.3.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.

Para la MCH de Salcca 01, el método determina a partir de las condiciones técnicas establecidas las características técnicas de los generadores especificadas en la tabla 4.31. El uso del procedimiento presentado en esta propuesta determinará el generador más adecuado para el caso de aplicación.

**Tabla 4.31**

*MCH de Salcca 01 resumen de las características técnicas de los generadores síncronos.*

Parámetro	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador
	1	2	3	4	5	6
Pt[KW]	478.4228	478.4228	478.4228	478.4228	478.4228	478.4228
Pg[KW]	465.6648	465.6648	465.6648	465.6648	465.6648	465.6648
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60

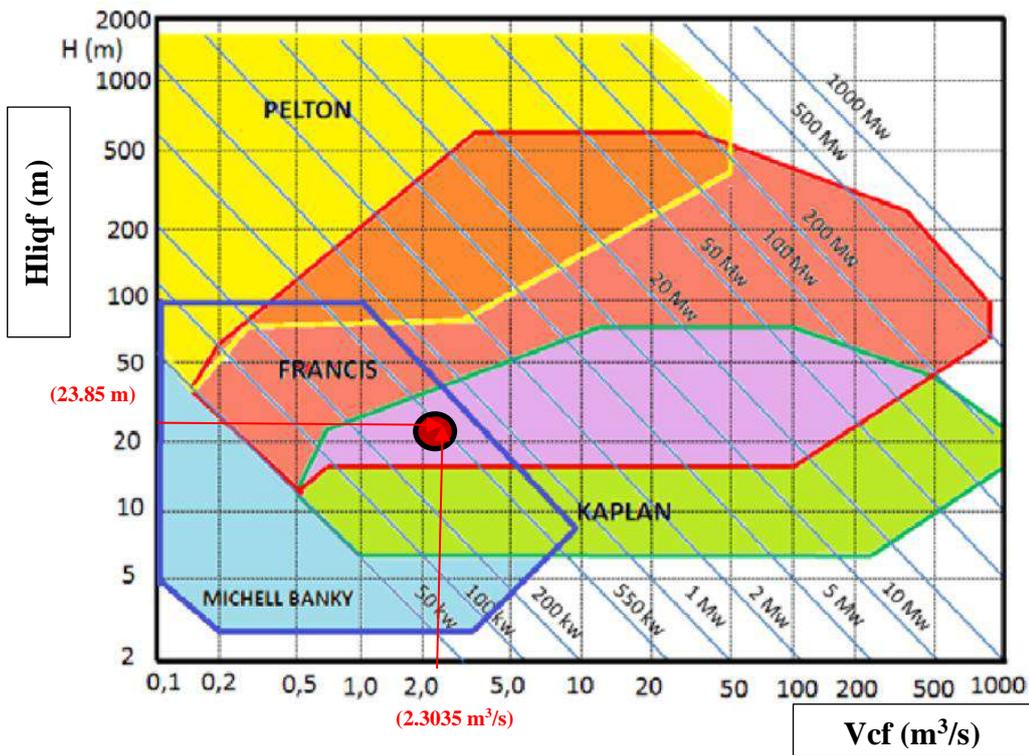
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
Vn[Voltios]	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10
	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/
	480	480	480	480	480	480
ns[Adimensional]	1494	746.9954	497.9969	373.4977	298.7982	248.9985

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### **4.3.7.3.2. Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.**

Considerando la altura de fluido final (Hliqf) de 23,85 m y el caudal de diseño final por turbina de 2,3035 m<sup>3</sup>/s en la Figura 4.11, este método propone 3 tipos de turbinas: Michel Banks, Francis y Kaplan. Por lo tanto, la tabla 4.32 se utiliza para determinar el tipo de turbina para un grupo de generación determinado. donde se puede observar que las turbinas Francis y Kaplan son las más eficientes, mientras que se elimina la turbina Kaplan por el caudal requerido, quedando la turbina Francis.

**Figura 4.11** MCH de Salcca 01 selección del tipo de turbina grupo 01.



Fuente: (HACKER, 2015).

**Tabla 4.32**

MCH de Salcca 01 selección de la turbina más óptima grupo 01.

TIPO	INVENTOR Y AÑO DE PATENTE	Ns [Adimensional]	Qd [m <sup>3</sup> /seg]	Hn [m]	P [KW]	Nmax [%]
Turbina Pelton	Lesster Pelton 1980	1ch30-6ch50-70	0.05-50	30-1800	2-30000	91
Turgo	Eric Crewdson 1920	60-260	0.025-10	15-300	5--8000	85
Michell Banky	A.GMichell Banky	40-160	0.025-5	1-200	1-750	82
Bomba rotodinamica	Dionisio Papin 1689	30-170	0.025-25	10-250	5-500	80
Francis	James Francis 1848	160-150, R250-400	1-500	2-750	2-750000	92
Deriaz	P. Deriaz 1956	60-400	500	30-130	100000	92
Kaplan y de Elice	Kaplan 1912	300-800	1000	5--80	2-200000	93
Axialesk	H<25	300-800	600	5--30	10000	93

Fuente: (INEA, 1997)

#### 4.3.7.3.3. Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección.

De la Tabla 4.33, teniendo en cuenta la turbina Francis elegida y la altura final del fluido de 23,85 m, se eligió el rango de velocidades de 300 a 450, siempre teniendo en cuenta el número mínimo de boquillas.

**Tabla 4.33**

*MCH de Salcca 01 selección del rango de velocidades específicas grupo 01.*

VELOCIDAD ESPECIFICA [ns]	TIPO DE TURBINA	ALTURA LIQUIDA FINAL [m]
Hasta 18	Pelton con una tobera	800
19 a 25	Pelton con una tobera	400 a 800
26 a 35	Pelton con una tobera	100 a 400
26 a 35	Pelton con dos toberas	400 a 800
36 a 50	Pelton con dos toberas	100 a 400
51 a 72	Pelton con cuatro toberas	100 a 400
55 a 70	Francis lentísima	200 a 400
70 a 120	Francis lenta	100 a 200
120 a 200	Francis media	50 a 100
200 a 300	Francis veloz	25 a 50
300 a 450	Francis ultraveloz	15 a 25
400-500	Helice velocísima	Hasta 15
270 a 500	Kaplan lenta	15 a 25
500 a 800	Kaplan veloz	5 a 15
800-1100	Kaplan velocísima	5

*Fuente: (Castelfranchi, 1971).*

Por tanto, la primera elección de generador determinada para este rango de velocidades se muestra en la tabla 4.34:

**Tabla 4.34***MCH de Salcca 01 Primera selección de generadores grupo 01.*

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	478.4228	478.4228	478.4228	478.4228	478.4228	478.4228
Pg[KW]	465.6648	465.6648	465.6648	465.6648	465.6648	465.6648
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10
) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	
	480	480	480	480	480	480
ns[Adimensional]	1494	746.9954	497.9969	373.4977	298.7982	248.9985

*Fuente: (Elaboración propia).***4.3.7.3.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.**

Dado que en la fase II sólo se selecciona un generador, este será el generador con mayor velocidad de sincronización. Por tanto, este método elige un generador síncrono con las siguientes características:

- Potencia de la turbina = 478.4228 kW
- Potencia del generador = 465.6648 kW
- Eficiencia del generador = 87.60 %
- Factor de potencia = 0.9 -
- Número de polos = 8 -
- Velocidad síncrona = 900 RPM
- Frecuencia = 60 Hz
- Tensión nominal = 190/200/208/220/  
230/240(x10)/254/265/  
277/380/400/415/  
416(x10)/440/460 /480 V
- Velocidad específica = 373.4977

Es importante tener en cuenta que se deben considerar los siguientes factores al definir este generador para un caso de uso establecido:

- Primero, la turbina Francis se debe utilizar como opción para determinar otros parámetros requeridos para el uso de este tipo de turbina. La selección de este tipo de turbina también se describe detalladamente en el proceso de selección de generador según el Apéndice 3.

- Segundo, se debe utilizar una velocidad síncrona de 900 rpm para determinar las dimensiones de la turbina (por ejemplo, palas, diámetro de la turbina, boquillas y otras variables que dependen de este parámetro específico).
- Tercero, El generador síncrono seleccionado no requiere la construcción de un multiplicador de velocidad.
- Cuarto, El generador síncrono seleccionado se puede montar horizontal o verticalmente.

#### 4.3.7.4. Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01.

Finalmente, el resumen de los datos técnicos del grupo de generación turbina – generador para la mini central hidroeléctrica Salcca 01 se muestra en la tabla 4.35.

**Tabla 4.35**

*MCH de Salcca 01 característica técnica definitiva del grupo de generación turbina-generador grupo 01.*

<b>GRUPO 01</b>		
Características Técnicas Turbina		
Características	Valor	Unidad
Tipo :	Francis	-
Modelo :	-	-
Salto bruto :	25	m
Potencia :	478.4228	kW
Velocidad específica	373.4977	
Velocidad Síncrona :	900	RPM
Eficiencia mínima :	88.70	%
Año :	-	-
Caudal :	2.3035	m <sup>3</sup> /s
Serie :	-	-
Peso :	-	kg

Características del Generador		
Características	Valor	Unidad
Tipo :	Síncrono	-
Modelo :	-	-
Fase :	3	
Nivel de tensión :	4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión :	Y/ $\Delta$	-
Potencia :	465.6648	kW
Factor de potencia :	0.9	-
Velocidad síncrona :	<b>900</b>	RPM
Frecuencia :	60	Hz
Eficiencia mínima :	87.60	%
Número de polos :	<b>8</b>	-

*Fuente:* (Elaboración propia)

#### **4.3.8. SALCCA 02, grupo generación 01 - Minicentral hidroeléctrica de Salcca.**

En este caso se ha tenido en cuenta los siguientes datos proporcionados del proyecto a nivel de perfil de la Minicentral hidroeléctrica de Salcca:

- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas.
- El proyecto considera el diseñado de obras de captación y de conducción a partir del caudal de diseño.
- El proyecto considera una altura o salto bruto de 21 m, este parámetro se determinó midiendo a partir de los métodos de mediciones en cuanto a los saltos.
- El proyecto considera un caudal de diseño del tipo 1, considerando para el grupo de generación 01 igual a 2.71 m<sup>3</sup>/s de 8.14 m<sup>3</sup>/s sin incluir el caudal ecológico en el caudal de diseño, ya que no dispone de un estudio de impacto ambiental (E.I.A) que respalde o fundamente este valor.
- El proyecto dispone de un historial de caudales mensuales anuales, como se muestra en la tabla 4.25.

##### **4.3.8.1. Escenario de saltos**

En este caso, el método utiliza la información, métodos y procedimientos necesarios para obtener las especificaciones del generador y velocidades específicas de la turbina, tomando como entrada los valores especificados en otros escenarios (escenarios de sobretensión y potencia de la turbina), así como los valores recomendados. para este método (eficiencia del generador, factor de potencia, frecuencia, número de polos y tensión nominal).

#### **4.3.8.1.1. Resumen y análisis de resultados.**

Para la MCH de Salcca 02, teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas propuestas aplicables a la mini central M.C.H tipo 1, según el escenario de validación de saltos, se determina que la altura líquida final es de 20.034 m de un salto bruto de 21 m.

- $H_b = 21 \quad \text{m}$
- $H_{liqf} = 20.034 \quad \text{m}$

#### **4.3.8.2. Escenario de caudales**

Para el diseño a nivel de perfil de la Pequeña Central Hidroeléctrica Salkka, el flujo de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) se determinó tomando como entrada los valores ya incluidos (Serie de Diseño Tipo 1 e historial mensual - flujo anual) M.C.H. Clase 1 y teniendo también en cuenta los valores recomendados del método (teniendo en cuenta el porcentaje constante de caudales ambientales regulados).

##### **4.3.8.2.1. Resumen y análisis de resultados.**

El caudal Clase 1 calculado para todos los meses del año según Tabla 4.36 es de 2,71 m<sup>3</sup>/s por grupo de generación, con este valor calculado permite reservar el caudal ambiental disponible inicial ( $Q_{eDisponibleInicial}$ ), suficiente para mantener y proteger la atmósfera circundante. . . Porque en junio, el caudal disponible inicial ( $Q_{eDisponibleInicial}$ ) fue de 8,2838 m<sup>3</sup>/s, inferior al caudal ambiental regulado ( $Q_{eReglamentado}$ ) de 1,6491 m<sup>3</sup>/s establecido en el mismo mes. Por lo tanto, este método determina un caudal ambiental constante ( $Q_{eConstant}$ ) de 0,4065 m<sup>3</sup>/s, reduciendo así el caudal de diseño Tipo 1 ( $Q_d$ ) de 2,71 m<sup>3</sup>/s al El volumen de diseño final por turbina es 2,3035 m<sup>3</sup>/s. Esta reducción, a su vez, permite determinar el caudal ambiental final disponible ( $Q_{eDisponibleFinal}$ ) para todos los meses del

año, capaz de mantener el caudal de reserva y correspondiente al caudal ambiental regulado (QeReglamentado) establecido por el organismo de cuenca, en otras palabras. : El caudal ambiental final disponible supera el caudal ambiental regulado ( $QeDisponibleFinal > QeReglamentado$ ) incluso en el mes más importante del año, como se muestra en la Tabla 4.36. y Figura 4.12.

**Tabla 4.36**

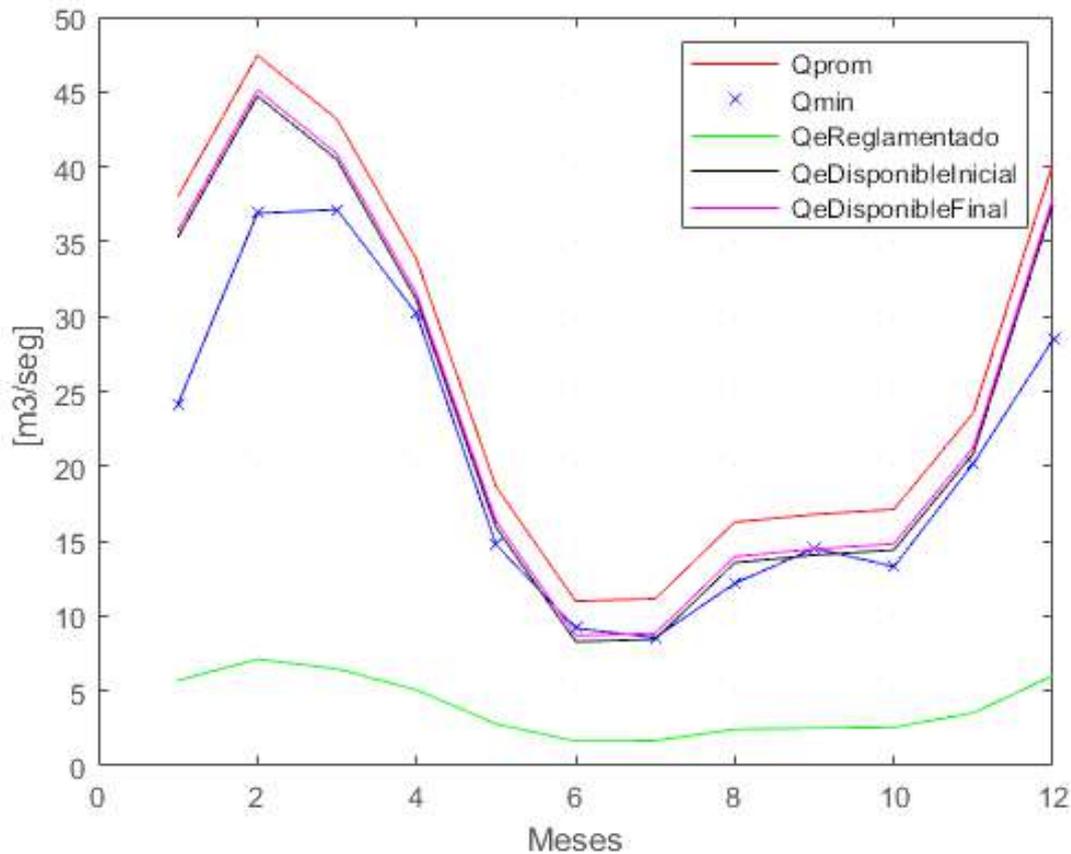
*MCH de Salcca 02 resumen de resultados escenario de caudales.*

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Qprom[m3/seg	37.994	47.435	43.179	33.816	18.624	10.994	11.152	16.268	16.783	17.12	23.569	40.219
Qmin[m3/seg	24.131	36.888	37.142	30.188	14.768	9.1853	8.565	12.182	14.529	13.296	20.192	28.45
QeDisponibleInicial[m3/seg]	35.284	44.725	40.469	31.106	15.914	8.2838	8.4422	13.558	14.073	14.41	20.859	37.509
QeReglamentado[m3/seg]	5.699	7.1153	6.4768	5.0723	2.7935	1.6491	1.6728	2.4402	2.5174	2.568	3.5353	6.0328
QeConstante[m3/seg]	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065
Vcf[m3/seg]	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035
Qd[m3/seg]	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71
QeDisponibleFinal[m3/seg]	35.69	45.132	40.875	31.512	16.32	8.6903	8.8487	13.964	14.479	14.817	21.265	37.915

*Fuente: (Elaboración propia).*

**Figura 4.12**

*MCH de Salcca 02 grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales.*



*Fuente: (Elaboración propia).*

Finalmente, este método logró resultados positivos en la determinación del caudal final de la turbina ( $V_{cf}$ ), que corresponde a la cantidad de reserva de caudal ambiental necesaria para mantener y proteger el medio ambiente. Además, el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) permanecerá sin cambios o fluctuará a medida que la organización de la cuenca propuesta considere flujos ambientales adicionales, lo que llevará a una determinación precisa de la capacidad de la turbina y a partir de ahí seleccionar el generador óptimo para el M tipo 1 mini central hidroeléctrica. Por otro lado, cabe señalar que el enfoque en este método permite optimizar el proceso de diseño de mini centrales hidroeléctricas de tipo 1 sin realizar un estudio de impacto ambiental porque el cálculo lleva más tiempo. determinación de caudales ambientales, es decir, el método propuesto ya no depende de estudios de impacto ambiental y

determina el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) en un tiempo muy corto en comparación con los estudios de impacto ambiental.

#### 4.3.9. Datos requeridos por la propuesta.

##### 4.3.9.1. Datos requeridos de una minicentral hidroeléctrica.

##### 4.3.9.1.1. Datos históricos de caudales mensuales anuales.

El historial de caudal mensual promedio de la Tabla 4.37 es uno de los datos necesarios para las minicentrales hidroeléctricas tipo M.S.G. Tipo 1 (agua corriente). Además, la historia de estos caudales mensuales es el resultado de muchas mediciones diferentes a lo largo de meses y años, recopiladas mediante diversas herramientas de información hidrológica como:

- Hidrogramas.
- Ecuaciones empíricas.
- Curva de duración de caudales (porcentaje de persistencia de caudales)
- Información que se registra por alguna entidad de cuenca encargada en hidrología pertenecientes a cada país.

**Tabla 4.37**

*Historial de caudales medios mensuales.*

Historial de caudales medios mensuales					
Meses	Años				
	1	2	3	4	5
Enero	24.27	47.20	47.95	46.42	24.13
Febrero	36.92	66.14	44.20	53.03	36.89
Marzo	37.14	56.20	42.79	41.20	38.56
Abril	31.97	36.83	35.79	34.30	30.19
Mayo	19.38	18.40	14.77	18.26	22.30
Junio	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34
Julio	14.44	8.57	9.16	9.00	14.60
Agosto	19.85	12.18	16.46	16.14	16.70
Setiembre	17.86	17.92	14.91	14.53	18.70

Octubre	17.88	19.80	13.42	13.30	21.20
Noviembre	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56
Diciembre	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53

*Fuente: (ANA)*

Cabe señalar que la propuesta considera los caudales históricos anuales y mensuales como datos necesarios. A partir de esta información se realizarán análisis para establecer nuevos caudales óptimos, teniendo en cuenta los caudales ambientales asociados de forma continua para mantener los caudales necesarios para conservar y proteger el medio ambiente. Por otro lado, el flujo de diseño, como se mencionó anteriormente, se puede obtener de diversas formas: usando ecuaciones empíricas, midiendo la densidad o usando una curva porcentual de flujo constante. En este caso, el caudal de diseño se estimará mediante el método de la curva de flujo-tiempo (como porcentaje de la inercia del flujo):

**Tabla 4.38**

*Porcentaje de persistencia de caudales medios mensuales.*

PORCENTAJE DE PERSISTENCIA DE CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES PARA Q <sub>d</sub>							
Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de ocurrencia	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /s)
100%	<b>8.57</b>	74%	15.33	48%	21.74	22%	38.58
99%	8.82	73%	16.06	47%	22.08	21%	39.15
98%	9.02	72%	16.31	46%	22.26	20%	39.78
97%	9.12	71%	16.49	45%	23.13	19%	40.52
96%	9.17	70%	16.63	44%	24.14	18%	40.95
95%	9.18	69%	17.04	43%	24.22	17%	41.19
94%	9.24	68%	17.72	42%	24.77	16%	42.09
93%	9.51	67%	17.87	41%	26.12	15%	43.00
92%	10.51	66%	17.88	40%	27.31	14%	43.83
91%	11.36	65%	17.91	39%	28.42	13%	44.84
90%	12.06	64%	18.00	38%	28.45	12%	45.98
89%	12.26	63%	18.20	37%	28.75	11%	46.16
88%	12.41	62%	18.32	36%	29.77	10%	46.21
87%	12.89	61%	18.41	35%	30.81	9%	46.35
86%	13.20	60%	18.58	34%	31.87	8%	46.64
85%	13.28	59%	18.83	33%	33.21	7%	47.10
84%	13.35	58%	19.23	32%	34.48	6%	47.55
83%	13.45	57%	19.54	31%	35.35	5%	48.20

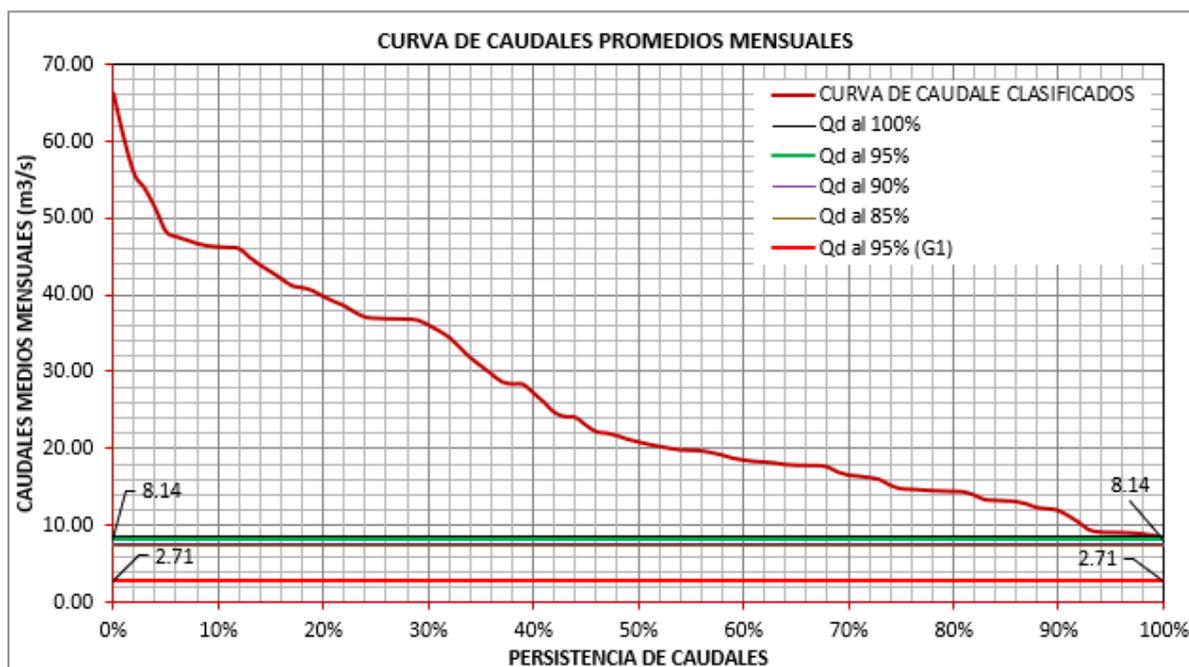
82%	14.05	56%	19.78	30%	36.10	4%	51.20
81%	14.46	55%	19.83	29%	36.72	3%	53.76
80%	14.51	54%	19.90	28%	36.86	2%	55.63
79%	14.56	53%	20.10	27%	36.89	1%	60.28
78%	14.60	52%	20.34	26%	36.91	0%	66.14
77%	14.70	51%	20.62	25%	36.97		
76%	14.79	50%	20.93	24%	37.11		
75%	14.87	49%	21.27	23%	37.75		

Caudal con mayor persistencia (Qd)	<b>8.57</b>	(90% Qd) =	7.71
<u>(95%Qd) =</u>	<u><b>8.14</b></u>	ESHA	(85% Qd) = 7.28
<u>(95%QdG1) =</u>	<u><b>2.71</b></u>	CAUDAL GRUPO 1	
<u>(95%QdG2) =</u>	<u><b>2.71</b></u>	CAUDAL GRUPO 2	
<u>(95%QdG3) =</u>	<u><b>2.71</b></u>	CAUDAL GRUPO 3	

Fuente: (Elaboración propia)

**Figura 4.13**

Curva de persistencia de caudales medios mensuales.



Fuente: (Elaboración propia).

Por lo que el caudal del proyecto final por turbina se distribuye nuevamente según la tabla 4.39.

**Tabla 4.39**

*MCH de Salcca 02 resumen de resultados escenario de caudales.*

Nombre	Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	Grupos	Caudal de entrada por Grupo (m <sup>3</sup> /s)
CH SALLCA 02	8.14	Grupo 01	2.71
		Grupo 02	2.71
		Grupo 03	2.71
Nombre	Caudal final del proyecto por turbina (m <sup>3</sup> /s)	Grupos	Caudal de entrada por Grupo (m <sup>3</sup> /s)
CH SALLCA 02	6.9105	Grupo 01	2.3035
		Grupo 02	2.3035
		Grupo 03	2.3035

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### **4.3.9.2. Escenario de potencia de turbina grupo 01**

En este caso, el método proporciona la información y los procedimientos necesarios para determinar la capacidad final de la turbina (Pft) en función de los datos de entrada evaluados bajo escenarios de oleada y flujo, así como otros valores para la eficiencia recomendada de la turbina y la gravedad específica del agua..

##### **4.3.9.2.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.**

Para la MCH de Salcca 02, el método determina una potencial final de la turbina (Pft) de 401.8751 kW considerando los datos siguientes:

- $H_b = 21$  m

- $H_{liqf} = 20.034 \text{ m}$
- $V_{cf} = 2.3035 \text{ m}^3/\text{s}$
- $N_t = 88.77 \text{ \%}$
- $\gamma_a = 9.81 \text{ kN/m}^3$
- $P_{ft} = 401.8751 \text{ kW}$

La potencia de la turbina ( $P_{ft}$ ) y los datos anteriores se determinan teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas introducidos por este método en este escenario de verificación y como resultado se concluye que la aplicación de esta demostración en mini MCH tipo 1 es razonable. Por otro lado, este método optimiza la capacidad de la turbina ( $P_{ft}$ ) mediante una optimización previa: altura de fluido final, flujo de diseño final por turbina y así actualiza el rendimiento de la turbina.

#### **4.3.9.3. Escenario de las características técnicas del generador**

En este caso, el método utiliza la información, métodos y procedimientos necesarios para obtener especificaciones específicas de velocidad del generador y de la turbina, tomando como entrada los valores determinados en los Otros escenarios (escenario de sobretensión y escenario de capacidad de la turbina). turbina) así como los valores recomendados para este método (eficiencia del generador, factor de potencia, frecuencia, número de polos y tensión nominal).

#### 4.3.9.3.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.

Para M.C.H. Salcca 02, las especificaciones del generador enumeradas en la Tabla 4.40 se determinaron utilizando el método de especificaciones establecido. Seguir el proceso descrito en esta recomendación determinará el generador más adecuado para su aplicación específica.

**Tabla 4.40**

*MCH de Salcca 02 resumen de las características técnicas de los generadores síncronos.*

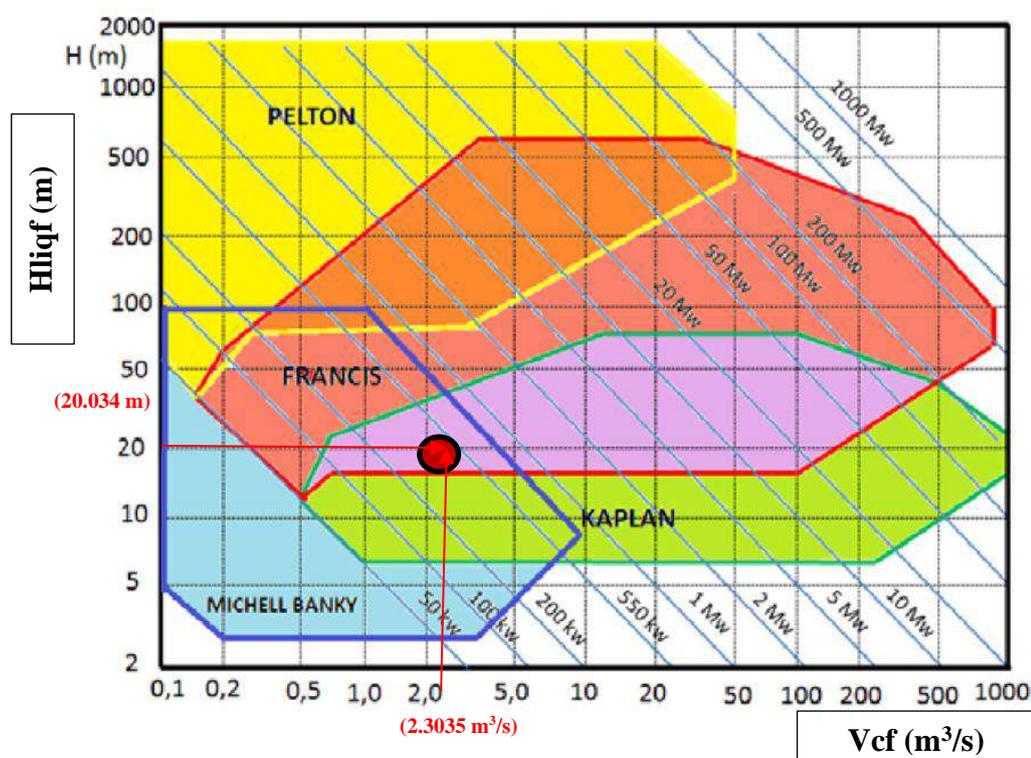
Parámetro	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador
	1	2	3	4	5	6
Pt[KW]	401.8751	401.8751	401.8751	401.8751	401.8751	401.8751
Pg[KW]	391.1584	391.1584	391.1584	391.1584	391.1584	391.1584
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10
) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	
	480	480	480	480	480	480
ns[Adimensional]	1702.7	851.3507	567.5671	425.6753	340.5403	283.7836

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### 4.3.9.3.2. Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.

Considerando que la altura de fluido final (Hliqf) es de 20,034 m y el flujo de diseño final por turbina es de 2.3035 m<sup>3</sup>/s en la Figura 4.14, el método ha propuesto 3 tipos de turbinas como son: Michel Banks, Francis y Kaplan. Por lo tanto, la tabla 4.41 se utiliza para determinar el tipo de turbina para un grupo de generación determinado. Esto demuestra que las turbinas Francis y Kaplan son las más eficientes, a su vez se descarta la Kaplan por la magnitud del caudal que se requiere, quedándonos con la turbina Francis.

**Figura 4.14** MCH de Salcca 02 selección del tipo de turbina grupo 01.



Fuente: (HACKER, 2015).

**Tabla 4.41**

MCH de Salcca 02 selección de la turbina más óptima grupo 01.

TIPO	INVENTOR Y AÑO DE PATENTE	Ns [Adimensional]	Qd [m <sup>3</sup> /seg]	Hn [m]	P [KW]	Nmax [%]
Turbina Pelton	Lesster Pelton 1980	1ch30-6ch50-70	0.05-50	30-1800	2-30000	91
Turgo	Eric Crewdson 1920	60-260	0.025-10	15-300	5--8000	85
Michell Banky	A.GMichell Banky	40-160	0.025-5	1-200	1-750	82

Bomba rotodinamica	Dionisio Papin 1689	30-170	0.025-25	10-250	5-500	80
Francis	James Francis 1848	160-150, R250-400	1-500	2-750	2-750000	92
Deriaz	P. Deriaz 1956	60-400	500	30-130	100000	92
Kaplan y de Elice	Kaplan 1912	300-800	1000	5--80	2-200000	93
Axialesk	H<25	300-800	600	5--30	10000	93

Fuente: (INEA, 1997)

#### 4.3.9.3.3. Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección.

De la Tabla 4.42, teniendo en cuenta la turbina Francis seleccionada y la altura final del fluido de 23,85 m, se eligió el rango de velocidades de 300 a 450, considerando siempre el número mínimo de toberas.

**Tabla 4.42**

*MCH de Salcca 02 selección del rango de velocidades específicas grupo 01.*

VELOCIDAD ESPECIFICA [ns]	TIPO DE TURBINA	ALTURA LIQUIDA FINAL [m]
Hasta 18	Pelton con una tobera	800
19 a 25	Pelton con una tobera	400 a 800
26 a 35	Pelton con una tobera	100 a 400
26 a 35	Pelton con dos toberas	400 a 800
36 a 50	Pelton con dos toberas	100 a 400
51 a 72	Pelton con cuatro toberas	100 a 400
55 a 70	Francis lentisima	200 a 400
70 a 120	Francis lenta	100 a 200
120 a 200	Francis media	50 a 100
200 a 300	Francis veloz	25 a 50
300 a 450	Francis ultraveloz	15 a 25
400-500	Helice velocísima	Hasta 15
270 a 500	Kaplan lenta	15 a 25
500 a 800	Kaplan veloz	5 a 15
800-1100	Kaplan velocísima	5

Fuente: (Castelfranchi, 1971).

Por tanto, la primera elección de generador determinada para este rango de velocidades se muestra en la tabla 4.43:

**Tabla 4.43**

*MCH de Salcca 02 Primera selección de generadores grupo 01.*

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	401.8751	401.8751	401.8751	401.8751	401.8751	401.8751
Pg[KW]	391.1584	391.1584	391.1584	391.1584	391.1584	391.1584
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10
	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/
	480	480	480	480	480	480
ns[Adimensional]	1702.7	851.3507	567.5671	425.6753	340.5403	283.7836

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### 4.3.9.3.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.

Dado que en la fase II sólo se selecciona un generador, este será el generador con mayor velocidad de sincronización. Por tanto, en este método se selecciona un generador síncrono con las siguientes características:

- Potencia de la turbina = 401.8751 kW
- Potencia del generador = 391.1584 kW
- Eficiencia del generador = 87.60 %
- Factor de potencia = 0.9 -
- Número de polos = 8 -
- Velocidad síncrona = 900 RPM
- Frecuencia = 60 Hz
- Tensión nominal = 190/200/208/220/  
230/240(x10)/254/265/  
277/380/400/415/  
416(x10)/440/460 /480 V
- Velocidad específica = 425.6753

Es importante tener en cuenta que se deben considerar los siguientes factores al definir este generador para un caso de uso establecido:

- Primero, se debe usar la turbina Francis en la forma seleccionada para determinar los parámetros restantes requeridos al usar este tipo de turbina. De igual forma, la selección de este tipo de turbina se describe detalladamente en el procedimiento de selección de generador basado en el Apéndice 4.
- En segundo lugar, se debe utilizar una velocidad síncrona de 900 rpm para determinar las dimensiones de la turbina (por ejemplo, aspas, diámetro de la turbina, boquillas y otras variables que dependen de este parámetro específico).
- En tercer lugar, el generador síncrono seleccionado no requiere un diseño de multiplicador de velocidad.
- Cuarto, el generador síncrono seleccionado se puede montar horizontal o verticalmente.

#### 4.3.9.4. Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01.

Finalmente, el resumen de los datos técnicos del grupo de generación turbina – generador para la mini central hidroeléctrica Salcca 02 se muestra en la tabla 4.44.

**Tabla 4.44**

*MCH de Salcca 02 característica técnica definitiva del grupo de generación turbina-generador grupo 01.*

<b>GRUPO 01</b>		
Características Técnicas Turbina		
Características	Valor	Unidad
Tipo :	Francis	-
Modelo :	-	-
Salto bruto :	25	m
Potencia :	401.8751	kW
Velocidad específica	425.6753	
Velocidad Síncrona :	900	RPM

Eficiencia mínima	: 88.77	%
Año	: -	-
Caudal	: 2.3035	m <sup>3</sup> /s
Serie	: -	-
Peso	: -	kg

Características del Generador		
Características	Valor	Unidad
Tipo	: Síncrono	-
Modelo	: -	-
Fase	: 3	
Nivel de tensión	: 4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión	: <b>Y/Δ</b>	-
Potencia	: 391.1584	kW
Factor de potencia	: 0.9	-
Velocidad síncrona	: <b>900</b>	RPM
Frecuencia	: 60	Hz
Eficiencia mínima	: 87.60	%
Número de polos	: <b>8</b>	-

*Fuente:* (Elaboración propia)

#### 4.4. Minicentral hidroeléctrica de Chuyapi – Santa Ana – la Convención – Cusco.

##### 4.4.1. Ubicación política.

El proyecto mini hidroeléctrico Chuyapi está ubicado en el distrito de Santa Ana, provincia de La Convención, provincia de Cusco y es considerado una mini central hidroeléctrica M.C.H Tipo 1 por las características y requisitos establecidos en la solución de diseño.

**Tabla 4.45**

*Ubicación política del proyecto.*

Descripción	Distrito	Provincia	Región
Central hidroeléctrica de Chuyapi	Santa Ana	La Convención	Cusco

*Fuente: (Elaboración propia).*

##### 4.4.2. Ubicación geográfica.

La siguiente tabla muestra la disposición espacial de los elementos de la central hidroeléctrica de Chuyapi. Esta ubicación se proporciona en las coordenadas UTM WGS84:

**Tabla 4.46**

*Ubicación geografía central hidroeléctrica Chuyapi.*

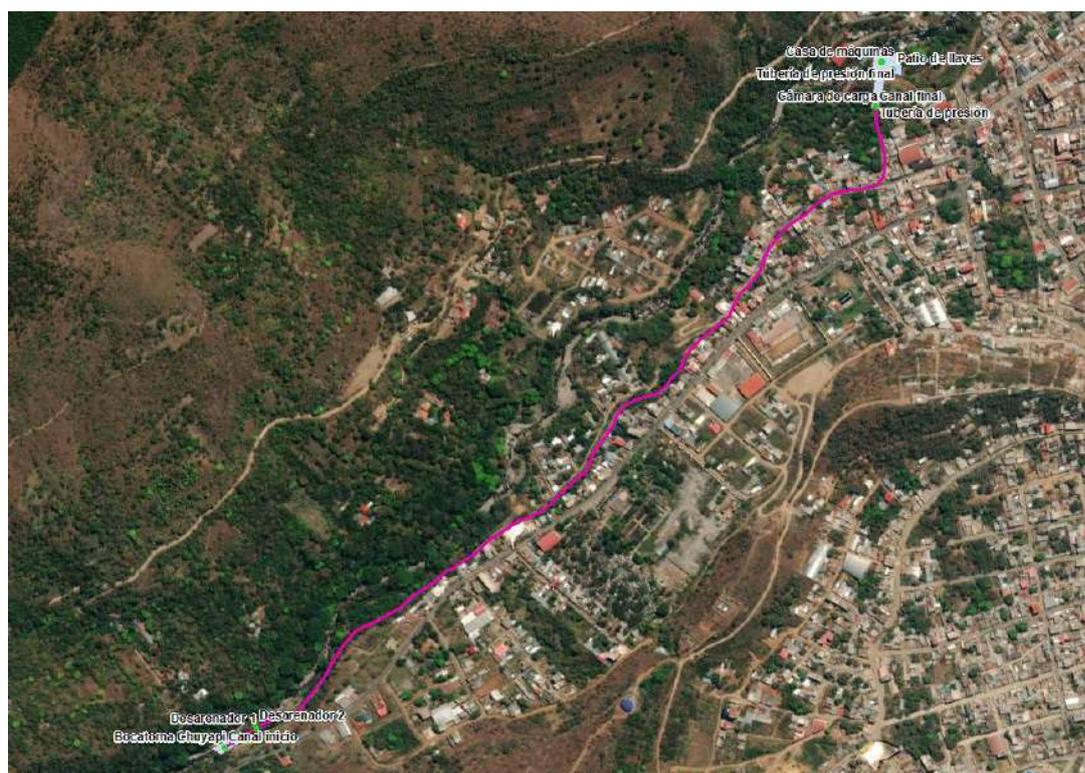
Área	Componentes	COORDENADAS UTM- WGS84 – Zona 18L		
		Este (m)	Norte (m)	
	Cámara de carga	749649.69	8576374.32	
Obras de captación	Bocatoma	748644	8575378	
	Desarenador 1	748200.7	8575184.2	
	Desarenador 2	748692.7	8575411.5	
Obras de conducción	Canal de conducción	Inicio	748644	8575378
		Final	749649.69	8576374.32

	Tubería de presión	Inicio	749649.69	8576374.32
		Final	749657.76	8576443.05
Obras de generación	Casa de máquinas		749661	8576444
	Transformador de potencia		749676.89	8576432.44

Fuente: (Elaboración propia).

### Figura 4.15

Ubicación geografía central hidroeléctrica Chuyapi.



Fuente: (Google Maps).

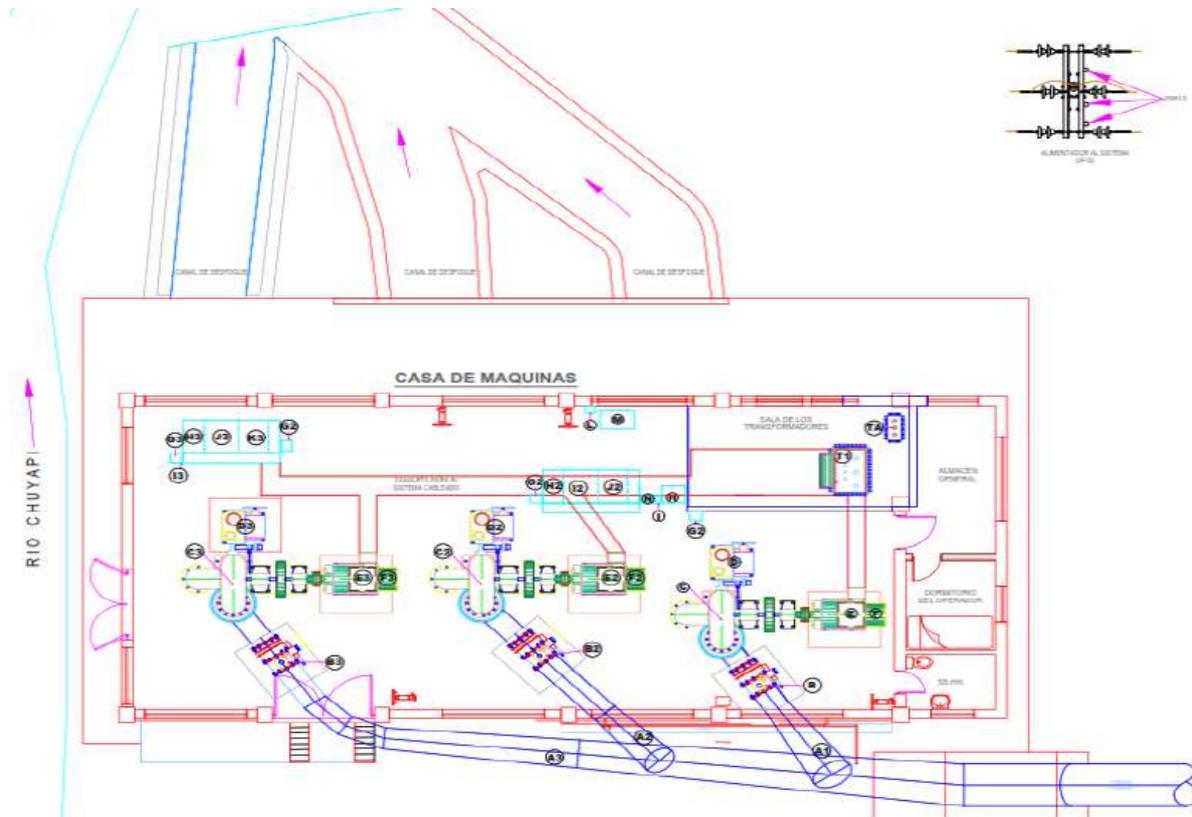
#### 4.4.3. Características del proyecto.

Durante la generación de energía, la central eléctrica de Chuyapi primero toma agua del río Chuyapi a una altitud de aproximadamente 1016,00 m y la envía a través de una pequeña presa al canal de transferencia; luego pasar al compartimento de carga y de allí a las tubería forzada; Hasta llegar a la central eléctrica, donde se ubican las turbinas y generadores, el agua es devuelta al río de forma controlada para que las fluctuaciones del caudal no afecten al ecosistema fluvial. La electricidad generada irá a una estación clave donde se ubican los

transformadores y la electricidad de media tensión se distribuye a las ciudades aledañas a la central hidroeléctrica de Chuyapi. A continuación se muestra un esquema de los elementos de la central eléctrica de Chuyapi tales como: subestación transformadora, central eléctrica, generadores y turbinas de distribución, oficinas, almacenes, comedores, depósitos, servicios de limpieza, etc.

**Figura 4.16**

*Plano de distribución de componentes central hidroeléctrica Chuyapi.*



*Fuente: (ELSE).*

La central hidroeléctrica Chuyapi cuenta con tres grupos de generadores con una capacidad de 500 kW. Con un caudal de producción de aprox. 1,36 m<sup>3</sup>/s, sin embargo, normalmente sólo alcanzan los 450 kW, aunque este valor depende del sistema. La central eléctrica opera únicamente a un nivel de tensión de 22,4 kV y está equipada con un transformador de potencia de 2000 kVA y equipos auxiliares de 50 kVA. El camino de acceso tiene aproximadamente 1,5 kilómetros de largo y está casi en su totalidad encofrado; además,

cuentan con dos desarenadores, uno de mayor tamaño que el otro, y 10 compuertas para reducir la carga de sedimentos y otros materiales. Ambas turbinas giran a 1200 RPM.

#### 4.4.4. Equipamiento de la casa de máquinas.

Como se mencionó anteriormente, la casa de máquinas se divide principalmente en dos áreas: un área donde se emplaza el equipo electromecánico turbina – generador y equipos relacionados, y la otra área donde se instaló el equipo eléctrico de instrumentación y control operación de transformadores de potencia.

#### Figura 4.17

*Casa de máquinas central hidroeléctrica Chuyapi.*



Fuente: (ELSE).

##### 4.4.4.1. Generador.

Actualmente la Central Hidroeléctrica Chuyapi cuenta con tres unidades generadoras operando a 500 kV. Sin embargo, su capacidad e impacto dependerán de las condiciones climáticas y físicas de la región (caudal, temporada de lluvias altas y bajas), por lo que ocasionalmente se operan a 450 kW. A continuación, se detallan las características principales de los generadores de CH.

**Tabla 4.47**

*Características de los generadores de la central hidroeléctrica Chuyapi.*

Nombre	Grupo	Generador				Inicio Operación	Fecha de Actualización	Fecha de Antigüedad (Años)	P.I. (kW)	P.E. (kW)
		Marca	Modelo	Serie	Año					
CH CHUYAPI	Grupo 01	ANSALDO	M2B5013GA02087	MI-4000	1992	2015	2020	28	500	500
	Grupo 02	ANSALDO	M2B5013GA02087	MI-3915	1992	2015	2020	28	500	500
	Grupo 03	ANSALDO	M2B5013GA02087	MI-4011	1992	2005	2020	28	500	450

*Fuente: (ELSE).*

**Tabla 4.48**

*Características del generador grupo 03 central hidroeléctrica Chuyapi.*

Características del Generador 03		
Características	Valor	Unidad
Modelo	-	-
Fase	3	
Nivel de tensión	4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión	Y/ <b>Δ</b>	-
Potencia	500	kW
Factor de potencia	0.8	-
Velocidad	1800 / <b>1200</b>	RPM
Frecuencia	60	Hz
Número de polos	4	-

*Fuente: (ELSE).*

**Figura 4.18**

*Grupo de generación 03 CH central hidroeléctrica Chuyapi.*



*Fuente: (ELSE).*

**Tabla 4.49**

*Características del generador grupo 02 central hidroeléctrica Chuyapi.*

Características del Generador 02		
Características	Valor	Unidad
Modelo	: 82B50136A02007	-
Fase	: 3	-
Nivel de tensión	: 4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión	: Y/ <b>Δ</b>	-
Potencia	: 500	kW
Factor de potencia	: 0.8	-
Velocidad	: 1800 / <b>1200</b>	RPM
Frecuencia	60	Hz
Número de polos	4	-

*Fuente: (ELSE).*

**Figura 4.19**

*Grupo de generación 02 CH central hidroeléctrica Chuyapi.*



*Fuente: (ELSE).*

**Tabla 4.50**

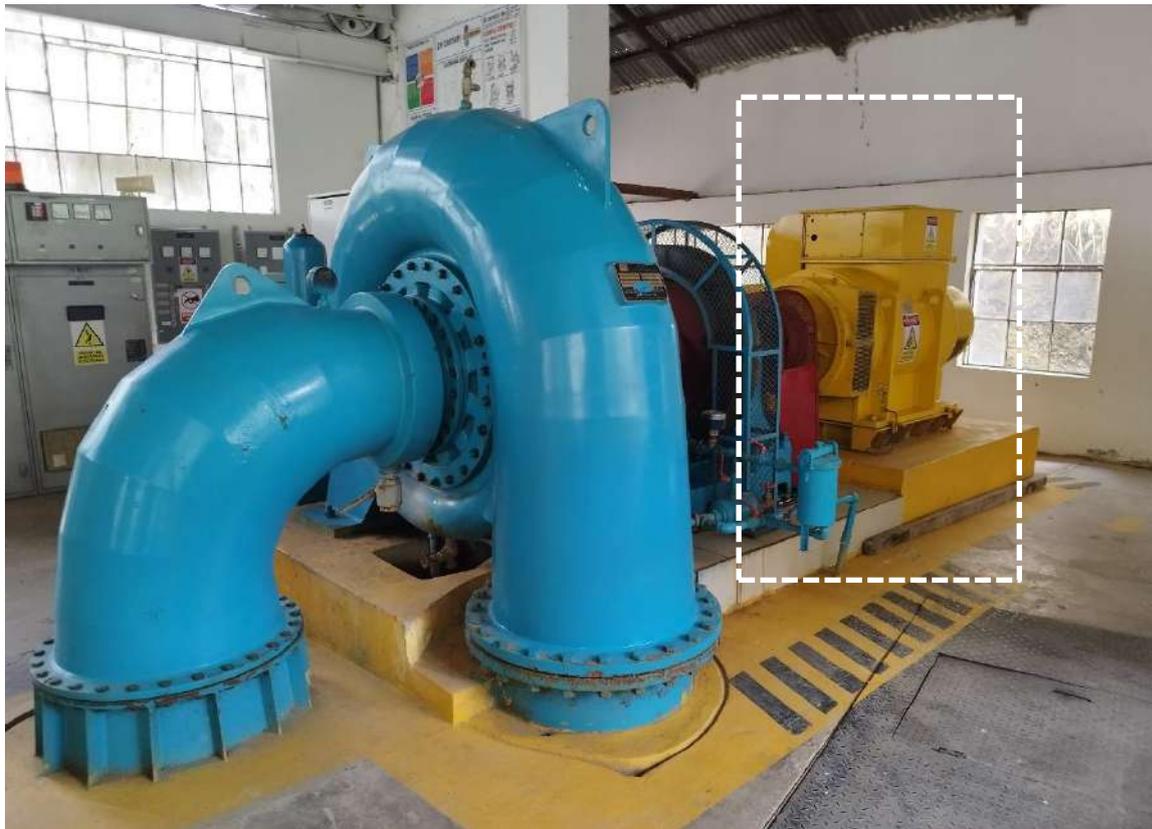
*Características del generador grupo 01 central hidroeléctrica Chuyapi.*

Características del Generador		
Características	Valor	Unidad
Modelo	: -	-
Fase	: 3	
Nivel de tensión	: 4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión	: Y/ <b>Δ</b>	-
Potencia	: 500	kW
Factor de potencia	: 0.8	-
Velocidad	: 1800 / <b>1200</b>	RPM
Frecuencia	60	Hz
Número de polos	4	-

*Fuente: (ELSE).*

**Figura 4.20**

*Grupo de generación 01 CH central hidroeléctrica Chuyapi.*



*Fuente: (ELSE).*

#### **4.4.4.2. Turbina.**

La central hidroeléctrica de Chuyapi está equipada con tres turbinas Francis de eje horizontal (o turbinas Pelton de eje vertical) con dos rotores de 500 mm de diámetro y un rotor de 490 mm de diámetro montados en el eje del generador mediante bridas de conexión o buje cónico. Estas turbinas Francis son capaces de funcionar de forma continua y producir la máxima potencia en las siguientes condiciones de flujo y caída neta:

**Tabla 4.51***Característica turbina grupo 01,02 y 03 central hidroeléctrica Chuyapi.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICACIONES		
Nombre de la Central Hidroeléctrica		CHUYAPI	CHUYAPI	CHUYAPI
Unidad de generación hidroeléctrica		G1	G2	G3
<b>Características Generales</b>				
Fabricante		CHONGQING BAFAN	CHONGQING BAFAN	CHONGQING ZHONGZHOQ
Cantidad	Und.	1	1	1
Tipo	-	Francis	Francis	Francis
Disposición de eje	-	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Diámetro del rodete	mm	500	500	490
Número de álabes del rodete	-	13	13	13
Número de álabes directrices del distribuidor	-	12	12	12
Rango de regulación de álabes móviles del distribuidor	grados	-	-	-
Fluido	-	-	-	-
p.h.	-	-	-	-
Velocidad Nominal	rpm	1200	1200	1200
Velocidad específica	rpm	1200	1200	1200
Velocidad de embalamiento	rpm	1800	1800	1800
Potencia	kW	546	546	566
Caudal de diseño	m <sup>3</sup> /s	1.36	1.36	1.46
Altura Neta	m	46	46	46
Altura Bruta	m	50	50	50
Eficiencia	%	90	90	70
Nivel de vibraciones	mm/s	0.1	0.1	0.15
Altitud de casa de Máquinas	m.s.n.m.	1053	1053	1053
<b>Materiales</b>				
Carcaza	-	Fierro fundido	Fierro fundido	Fierro fundido
Rodete	-	bronce	bronce	bronce
Eje	-	acero fundido	acero fundido	acero fundido
Alabes directrices	-	inox	inox	inox
Sellos	-	inox	inox	inox
<b>Condiciones Generales</b>				
Año fabricación	-	2014	2014	2004
Antigüedad	Años	10	10	20
Fecha de último mantenimiento mayor	-	Instalación	Instalación	nov-2020

*Fuente: (ELSE).*

#### 4.4.4.3. Tablero de control.

Para controlar, proteger y despachar los tres grupos generadores de turbinas de la central hidroeléctrica de Chuyapi, cada grupo generador debe contar con un panel de control y control. En estos tableros de logran controlar la temperatura, los niveles de tensión y potencia generada. Asimismo, cada grupo cuenta con tablero de excitación que controlan y regulan la velocidad presente por caso.

**Figura 4.21**

*Tablero de control central hidroeléctrica Chuyapi.*



*Fuente: (ELSE).*

#### 4.4.5. Características hidrológicas de la central hidroeléctrica Chuyapi.

- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas al proyecta a través del alimentador UP-02.
- El proyecto contempla el diseño de materiales conductores prefabricados en base al esquema de diseño.
- El diseño incluye una altura de agua total o 50 m y una altura de agua neta o 46 m, ambas determinadas a partir de mediciones basadas en la medición de la altura de agua y estimaciones de pérdidas hidráulicas en el conducto.
- El diseño incluye caudales de diseño clase 1, 4,80 m<sup>3</sup>/s y 1,60 m<sup>3</sup>/s para cada grupo de generación 01, 02 y 03, excluyendo caudales ambientales en los caudales de diseño porque no tiene un impacto ambiental investigable. La evaluación (E.I.A) respalda o justifica este valor.
- El proyecto tiene un historial de flujo anual y mensual como se muestra en la Tabla 4.52.
- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas al proyecta a través del alimentador UP-02.

##### 4.4.5.1. Historial de caudales mensuales anuales central hidroeléctrica chuyapi.

A continuación, se muestra el resumen de los caudales medios mensuales – anuales pertenecientes al rio Chuyapi.

**Tabla 4.52**

*Historial de caudales medios mensuales – anuales.*

<b>Historial de caudales medios mensuales</b>
---

Meses	Años				
	1	2	3	4	5
Enero	8.89	8.22	6.80	8.35	9.09
Febrero	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88
Marzo	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48
Abril	6.80	8.22	8.15	7.48	6.67
Mayo	6.67	5.79	7.41	6.40	5.32
Junio	6.47	6.13	5.52	6.00	5.86
Julio	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59
Agosto	5.05	5.79	6.20	5.32	6.40
Setiembre	5.52	6.40	5.66	5.73	5.66
Octubre	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25
Noviembre	6.40	7.68	6.80	7.41	5.73
Diciembre	7.41	8.76	7.07	6.80	7.55

Fuente: (ELSE).

#### 4.4.6. Casos de estudio.

Dado que la mini central eléctrica M.C.H TYPE 1 proporciona parámetros de altura o carrera reales, así como parámetros de altura o carrera total, se deben considerar dos casos de aplicación. Además de estos dos casos de uso, también se debe considerar un tercer caso en el que se ha especificado una turbina de tamaño estándar. El resumen de las características de estos casos se muestra en la tabla 4.53.

**Tabla 4.53**

*Casos de estudio.*

Casos de estudio	Consideraciones
CASO A	Salto neto
	Historial de caudales (95%QdG1)
CASO B	Salto bruto
	Historial de caudales (95%QdG1)

Fuente: (Elaboración propia).

#### **4.4.7. Caso A, grupo generación 01.**

En este caso se ha tenido en cuenta los siguientes datos proporcionados por la central hidroeléctrica de Chuyapi:

- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas al proyecta a través del alimentador UP-02.
- El proyecto contempla el diseño de materiales conductores prefabricados en base al esquema de diseño.
- El diseño asume una altura o caída real de 46 m, ambos parámetros determinados mediante mediciones basadas en técnicas de medición de altura de agua y estimaciones de pérdidas hidráulicas en el conducto.
- El diseño ha tenido en cuenta el caudal de diseño tipo 1, asumiendo el grupo de generación 01 igual a  $1,60 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $4,80 \text{ m}^3/2$  sin considerar caudales ambientales en el caudal de diseño, debido a que no se ha realizado investigación de impacto ambiental (EIA). lo que sustenta o justifica este valor.
- • El proyecto tiene un historial de flujo anual y mensual como se muestra en la Tabla 4.52.
- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas al proyecta a través del alimentador UP-02.

#### **4.4.7.1. Escenario de saltos**

Para el proyecto de la pequeña central hidroeléctrica Chuyapi, se determina la altura líquida final ( $H_{liqf}$ ) o  $H_n$ , considerando como entrada la altura neta proporcionada por la central M.C.H tipo 1, es decir de agua fluyente.

##### **4.4.7.1.1. Resumen y análisis de resultados.**

Para el caso A, teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas propuestas aplicables a la mini planta M.C.H tipo 1, el escenario de validación de presión determina que la altura final del líquido es de 46 m, igual a la columna de agua real ( $H_n$ ) . Dado que ambos parámetros están disponibles y se consideran los más óptimos para la selección de la turbina, con base en la ecuación propuesta en este trabajo.

- $H_n = 46 \text{ m}$
- $H_{liqf} = 46 \text{ m}$

#### **4.4.7.2. Escenario de caudales**

Para el Proyecto Pequeña Hidroeléctrica Chuyapi, el caudal final de la turbina ( $V_{cf}$ ) se determinó tomando en cuenta los valores que se incluyeron en el diseño (caudal de diseño Tipo 1 e historial de caudal mensual y anual) según M.C.H. Tipo 1, teniendo también en cuenta los valores propuestos del método (consideración del porcentaje fijo de caudal ecológico reglamentado).

##### **4.4.7.2.1. Resumen y análisis de resultados.**

El caudal de diseño tipo 1 para todos los meses del año según la tabla 4.54 es de 1.60  $m^3/s$  por grupo de generación, para este valor evaluado permite la reserva el caudal ecológico

inicial disponible ( $Q_{eDisponibleInicial}$ ) es suficiente para mantener y proteger el medio ambiente. Dado que el caudal disponible inicial ( $Q_{eDisponibleInicial}$ ) en octubre es de 4.032  $m^3/s$ , es inferior al caudal ecológico regulado ( $Q_{eReglamentado}$ ) del mismo mes, que equivale a 0,845  $m^3/s$ . Por lo tanto, este método establece el caudal ecológico constante ( $Q_{eConstant}$ ) en 0,240  $m^3/s$ , reduciendo así el caudal de diseño Tipo 1 ( $Q_d$ ) de 1,60  $m^3/s$  a un caudal de diseño final de planta única de 1,36  $m^3/s$ . Es decir, esta reducción puede volver a determinar el caudal ecológico final disponible ( $Q_{eDisponibleFinal}$ ) para todos los meses del año y la capacidad de mantener caudales de reserva de acuerdo con los caudales ecológicos regulados establecidos por el organismo de cuenca ( $Q_{eReglamentado}$ ). En los meses más críticos, el caudal ecológico final disponible también es mayor que el caudal ecológico regulado ( $Q_{eDisponibleFinal} > Q_{eReglamentado}$ ), como se muestra en la Figura 4.54. en la tabla y 4.22.

**Tabla 4.54**

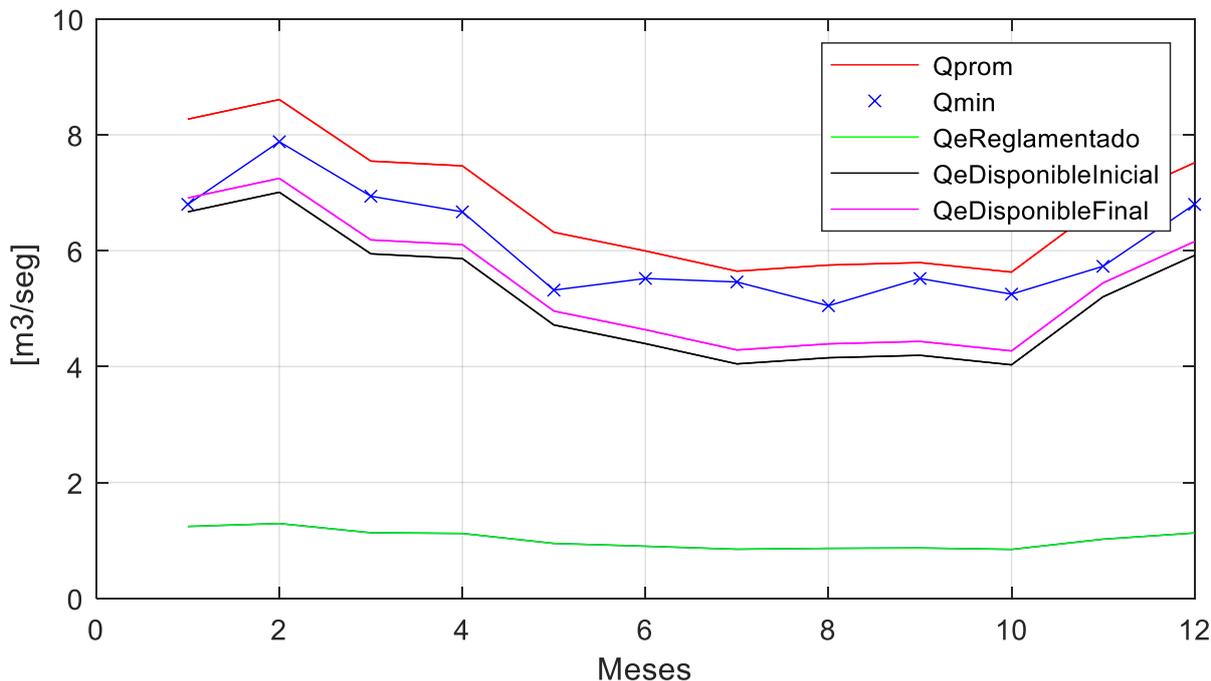
*Casos A resumen de resultados escenario de caudales.*

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
$Q_{prom}[m^3/seg]$	8.273	8.609	7.545	7.464	6.319	5.996	5.645	5.753	5.794	5.632	6.804	7.518
$Q_{min}[m^3/seg]$	6.804	7.882	6.939	6.669	5.322	5.524	5.457	5.053	5.524	5.255	5.726	6.804
$Q_{eDisponibleInicial}[m^3/seg]$	6.673	7.010	5.945	5.864	4.719	4.396	4.045	4.153	4.194	4.032	5.204	5.918
$Q_{eReglamentado}[m^3/seg]$	1.241	1.291	1.132	1.120	0.948	0.899	0.847	0.863	0.869	0.845	1.021	1.128
$Q_{eConstante}[m^3/seg]$	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240
$V_{cf}[m^3/seg]$	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360
$Q_d[m^3/seg]$	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
$Q_{eDisponibleFinal}[m^3/seg]$	6.913	7.250	6.185	6.104	4.959	4.636	4.285	4.393	4.434	4.272	5.444	6.158

*Fuente: (Elaboración propia).*

**Figura 4.22**

Caso A Grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales.



Fuente: (Elaboración propia).

En última instancia, este método ha logrado resultados satisfactorios al determinar que el flujo de máquina única (Vcf) final del proyecto cumple con la reserva de flujo ecológico para el mantenimiento y la protección ambiental. Además, el caudal final (Vcf) de cada turbina del proyecto no se alterará ni modificará porque el organismo de cuenca ha propuesto caudales ecológicos adicionales que permitan determinar con precisión las turbinas y por tanto, el M.C.H. más adecuado. Selección del tipo de pequeño generador hidroeléctrico. Tipo 1. Por otro lado, es importante señalar que el planteamiento de este planteamiento permite optimizar el proceso de diseño de la pequeña central hidroeléctrica M.C.H Tipo 1 sin necesidad de realizar un estudio de impacto ambiental, ya que lleva un periodo mayor. de tiempo. determinar caudales ecológicos, es decir, propuestos. El método ya no se basa en estudios de impacto ambiental, que pueden determinar el caudal final (Vcf) de cada turbina de un proyecto en muy poco tiempo en comparación con los estudios de impacto ambiental.

Por lo que el caudal del proyecto final por turbina se distribuye según la tabla 4.55.

**Tabla 4.55**

*Caso A resumen de resultados escenario de caudales.*

Nombre	Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	Grupos	Caudal de entrada por Grupo (m <sup>3</sup> /s)
CH CHUYAPI	4.80	Grupo 01	1.60
		Grupo 02	1.60
		Grupo 03	1.60

Nombre	Caudal final del proyecto por turbina (m <sup>3</sup> /s)	Grupos	Caudal de entrada por Grupo (m <sup>3</sup> /s)
CH CHUYAPI	4.080	Grupo 01	1.36
		Grupo 02	1.36
		Grupo 03	1.36

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### **4.4.7.3. Escenario de potencia de turbina grupo 01**

En este caso, el método proporciona información y procedimientos necesarios para determinar la capacidad final de la turbina (Pft) en función de los datos de entrada estimados en escenarios de oleada y flujo, así como los valores recomendados para la eficiencia de la turbina y la gravedad específica del agua..

##### **4.4.7.3.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.**

Para el caso A, el método determina una potencial final de la turbina (Pft) de 544.7936 kW considerando los datos siguientes:

- $H_{liqf} = 46 \quad m$
- $V_{cf} = 1.36 \quad m^3/s$
- $N_t = 88.77 \quad \%$

- $\gamma_a = 9.81 \text{ kN/m}^3$
- $P_{ft} = 544.7936 \text{ kW}$

La potencia de la turbina ( $P_{ft}$ ) y los datos anteriores se determinan teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas introducidos por este método en este escenario de verificación y como resultado se concluye que la aplicación de esta demostración en mini MCH tipo 1 es razonable.

Por otro lado, este método optimiza la capacidad de la turbina ( $P_{ft}$ ) mediante una optimización previa: altura de fluido final, flujo de diseño final por turbina y así actualiza el rendimiento de la turbina..

#### **4.4.7.4. Escenario de las características técnicas del generador**

En este caso, el método utiliza la información, métodos y procedimientos necesarios para obtener especificaciones específicas de velocidad del generador y de la turbina, tomando como entrada los valores determinados en los Otros escenarios (escenario de sobretensión y escenario de capacidad de la turbina). turbina) así como los valores recomendados para este método (eficiencia del generador, factor de potencia, frecuencia, número de polos y tensión nominal).

##### **4.4.7.4.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.**

Para el caso A, los parámetros técnicos del generador enumerados en la Tabla 4.56 se determinan sobre la base de las condiciones técnicas establecidas. Seguir el proceso descrito en esta recomendación determinará el generador más adecuado para su aplicación específica.

**Tabla 4.56**

*Caso A resumen de las características técnicas de los generadores síncronos.*

Parámetro	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador
	1	2	3	4	5	6
Pt[KW]	544.7936	544.7936	544.7936	544.7936	544.7936	544.7936
Pg[KW]	530.2657	530.2657	530.2657	530.2657	530.2657	530.2657
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x10 ) /440/460/					
	480	480	480	480	480	480
ns[Adimensional]	701.4088	350.7044	233.802	175.3522	140.2818	116.9015

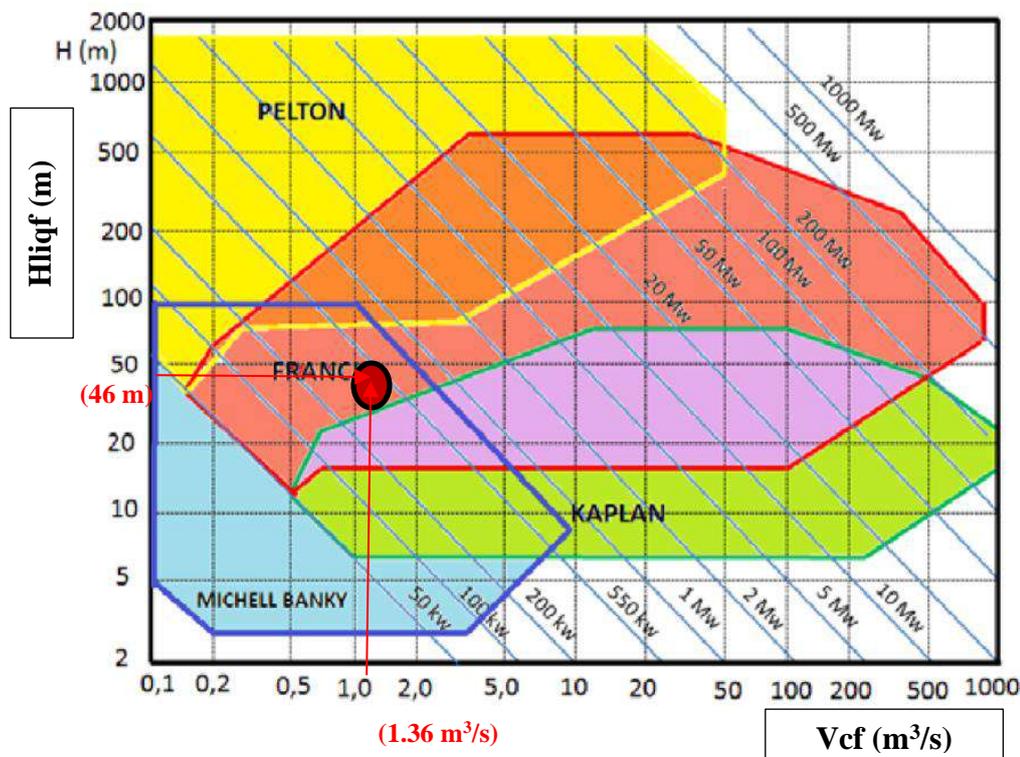
*Fuente: (Elaboración propia).*

#### **4.4.7.4.2. Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.**

Considerando la altura de fluido final (Hliqf) de 46 m y el flujo de diseño final por turbina de 1,36 m<sup>3</sup>/s en la Figura 4.23, este método sugiere tres tipos de turbinas: Michell Banky, Francis y Kaplan. Por lo tanto, la tabla 4.57 se utiliza para determinar el tipo de turbina para un grupo de generación determinado. donde se puede observar que las turbinas Francis y

Kaplan son las más eficientes, mientras que se elimina la turbina Kaplan por el caudal requerido, quedando la turbina Francis.

**Figura 4.23** Caso A Selección del tipo de turbina grupo 01.



Fuente: (HACKER, 2015).

**Tabla 4.57**

Caso A selección de la turbina más óptima grupo 01.

TIPO	INVENTOR Y AÑO DE PATENTE	Ns [Adimensional]	Qd [m³/seg]	Hn [m]	P [KW]	Nmax [%]
Turbina Pelton	Lesster Pelton 1980	1ch30-6ch50-70	0.05-50	30-1800	2-30000	91
Turgo	Eric Crewdson 1920	60-260	0.025-10	15-300	5--8000	85
Michell Banky	A.GMichell Banky	40-160	0.025-5	1-200	1-750	82
Bomba rotodinamica	Dionisio Papin 1689	30-170	0.025-25	10-250	5-500	80
Francis	James Francis 1848	160-150, R250-400	1-500	2-750	2-750000	92
Deriaz	P. Deriaz 1956	60-400	500	30-130	100000	92
Kaplan y de Elice	Kaplan 1912	300-800	1000	5--80	2-200000	93
Axialesk	H<25	300-800	600	5--30	10000	93

Fuente: (INEA, 1997)

#### 4.4.7.4.3. Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección.

De la Tabla 4.58, teniendo en cuenta la turbina Francis elegida y la altura final del fluido de 46 m, se eligió un rango de velocidad de 200 a 300, siempre teniendo en cuenta el número mínimo de boquillas.

**Tabla 4.58**

*Caso A Selección del rango de velocidades específicas grupo 01.*

VELOCIDAD ESPECIFICA [ns]	TIPO DE TURBINA	ALTURA LIQUIDA FINAL [m]
Hasta 18	Pelton con una tobera	800
19 a 25	Pelton con una tobera	400 a 800
26 a 35	Pelton con una tobera	100 a 400
26 a 35	Pelton con dos toberas	400 a 800
36 a 50	Pelton con dos toberas	100 a 400
51 a 72	Pelton con cuatro toberas	100 a 400
55 a 70	Francis lentísima	200 a 400
70 a 120	Francis lenta	100 a 200
120 a 200	Francis media	50 a 100
200 a 300	Francis veloz	25 a 50
300 a 450	Francis ultraveloz	15 a 25
400-500	Helice velocísima	Hasta 15
270 a 500	Kaplan lenta	15 a 25
500 a 800	Kaplan veloz	5 a 15
800-1100	Kaplan velocísima	5

*Fuente: (Castelfranchi, 1971).*

Por tanto, la primera elección de generador determinada para este rango de velocidades se muestra en la tabla 4.59:

**Tabla 4.59***Caso A Primera selección de generadores grupo 01.*

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	544.7936	544.7936	544.7936	544.7936	544.7936	544.7936
Pg[KW]	530.2657	530.2657	530.2657	530.2657	530.2657	530.2657
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
Vn[Voltios]	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10
	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/	)/440/460/
	480	480	480	480	480	480
ns[Adimensional]	701.4088	350.7044	233.802	175.3522	140.2818	116.9015

*Fuente: (Elaboración propia).***4.4.7.4.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.**

Dado que en la fase II sólo se selecciona un generador, este será el generador con mayor velocidad de sincronización. Entonces este método elige un generador síncrono con las siguientes características:

- Potencia de la turbina = 544.7936 kW
- Potencia del generador = 530.2657 kW
- Eficiencia del generador = 87.60 %
- Factor de potencia = 0.9 -
- Número de polos = 6 -
- Velocidad síncrona = 1200 RPM
- Frecuencia = 60 Hz
- Tensión nominal = 190/200/208/220/  
230/240(x10)/254/265/  
277/380/400/415/  
416(x10)/440/460 /480 V
- Velocidad específica = 233.802

Es importante tener en cuenta que se deben considerar los siguientes factores al definir este generador para un caso de uso establecido:

- • Primero, se debe usar la turbina Francis en la forma seleccionada para determinar los parámetros restantes requeridos al usar este tipo de turbina. De

igual forma, la selección de este tipo de turbina se describe detalladamente en el procedimiento de selección de generador basado en el Apéndice 5.

- En segundo lugar, se debe utilizar una velocidad síncrona de 1200 rpm para determinar las dimensiones de la turbina (como aspas, diámetro de la turbina, toberas y otras variables que dependen de este parámetro específico).
- En tercer lugar, el generador síncrono seleccionado no requiere un diseño de multiplicador de velocidad.
- Cuarto, el generador síncrono seleccionado se puede montar horizontal o verticalmente.

#### **4.4.7.5. Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01.**

Finalmente, el resumen de los datos técnicos del grupo de generación turbina – generador para la mini central hidroeléctrica Chuyapi se muestra en la tabla 4.60.

**Tabla 4.60**

*Caso A Característica técnica definitiva del grupo de generación turbina-generador grupo*

01.

<b>GRUPO 01</b>		
<b>Características Técnicas Turbina</b>		
<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tipo :	Francis	-
Modelo :	-	-
Salto bruto :	50	m
Salto neto :	46	m
Potencia :	544.7936	kW
Velocidad específica	233.802	
Velocidad Síncrona :	1200	RPM
Eficiencia mínima :	88.70	%
Año :	-	-
Caudal :	1.36	m <sup>3</sup> /s
Serie :	-	-
Peso :	-	kg
<b>Características del Generador</b>		
<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tipo :	Síncrono	-
Modelo :	-	-
Fase :	3	
Nivel de tensión :	4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión :	Y/ <b>Δ</b>	-
Potencia :	530.2657	kW
Factor de potencia :	0.9	-
Velocidad síncrona :	1800 / <b>1200</b>	RPM
Frecuencia :	60	Hz
Eficiencia mínima :	87.60	%
Número de polos :	4/ <b>6</b>	-

*Fuente: (Elaboración propia)*

#### **4.4.8. Caso B, grupo generación 01.**

En este caso se ha tenido en cuenta los siguientes datos proporcionados por la central hidroeléctrica de Chuyapi:

- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas al proyecta a través del alimentador UP-02.
- El proyecto contempla el diseño de materiales conductores prefabricados en base al esquema de diseño.
- El diseño toma en cuenta una altura de columna o altura total de 50 m, las cuales están determinadas por mediciones basadas en el método de altura de elevación y estimaciones de pérdidas hidráulicas en el ducto.
- El diseño ha tenido en cuenta el caudal de diseño tipo 1, asumiendo el grupo de generación 01 igual a 1,60 m<sup>3</sup>/s y 4,80 m<sup>3</sup>/2 sin considerar caudales ambientales en el caudal de diseño, debido a que no se ha realizado investigación de impacto ambiental (EIA). lo que sustenta o justifica este valor.
- El proyecto tiene un historial de flujo anual y mensual como se muestra en la Tabla 4.52.
- El proyecto es con interconexión operativa en media tensión, suministrando energía a zonas aledañas al proyecta a través del alimentador UP-02.

##### **4.4.8.1. Escenario de saltos**

En este caso, el método utiliza las informaciones, métodos y procedimientos necesarios para obtener las especificaciones del generador y velocidades específicas de la turbina,

tomando como valores de entrada los valores especificados en otros escenarios (impulso y turbina) así como los valores recomendados para este método (eficiencia del generador, factor de potencia, frecuencia, número de polos y tensión nominal).

#### **4.4.8.1.1. Resumen y análisis de resultados.**

Para el caso B, teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas propuestas aplicables a la mini central M.C.H tipo 1, según el escenario de validación de saltos, se determina que la altura líquida final es de 47.7 m de un salto bruto de 50 m.

- $H_b = 50 \text{ m}$
- $H_{liqf} = 47.7 \text{ m}$

#### **4.4.8.2. Escenario de caudales**

Para el Proyecto Pequeña Hidroeléctrica Chuyapi, el caudal final de la turbina ( $V_{cf}$ ) se determinó tomando en cuenta los valores que se incluyeron en el diseño (caudal de diseño Tipo 1 e historial de caudal mensual y anual) según M.C.H. Clase 1 y teniendo también en cuenta los valores recomendados del método (teniendo en cuenta el porcentaje constante de caudales ambientales regulados).

##### **4.4.8.2.1. Resumen y análisis de resultados.**

El caudal tipo 1 calculado para todos los meses del año según tabla 4.61 es de 1,60 m<sup>3</sup>/s por grupo de generación, con este valor calculado permite disponer de la reserva de caudal ambiental inicial disponible ( $Q_{eDisponibleInicial}$ ), suficiente para mantener y proteger el medio ambiente. . En octubre, el caudal inicial disponible ( $Q_{eDisponibleInicial}$ ) fue de 4.032 m<sup>3</sup>/s, inferior al caudal ambiental regulado ( $Q_{eReglamentado}$ ) fijado en el mismo mes de 0,845

m<sup>3</sup>/s. Por lo tanto, el método determina un caudal ambiental constante (QeConstant) de 0,240 m<sup>3</sup>/s, reduciendo así el caudal de diseño Tipo 1 (Qd) de 1,60 m<sup>3</sup>/s al caudal de diseño final, el mismo por turbina es de 1,36 m<sup>3</sup>/s. mín. Esta reducción, a su vez, permite determinar el caudal ambiental final disponible (QeDisponibleFinal) para todos los meses del año, capaz de mantener el caudal de reserva y correspondiente al caudal ambiental regulado (QeReglamentado) establecido por el organismo de cuenca, en otras palabras. : El caudal ambiental final disponible supera el caudal ambiental regulado (QeDisponibleFinal > QeReglamentado) incluso en el mes más importante del año, como se muestra en la tabla 4.61. y Figura 4.24.

**Tabla 4.61**

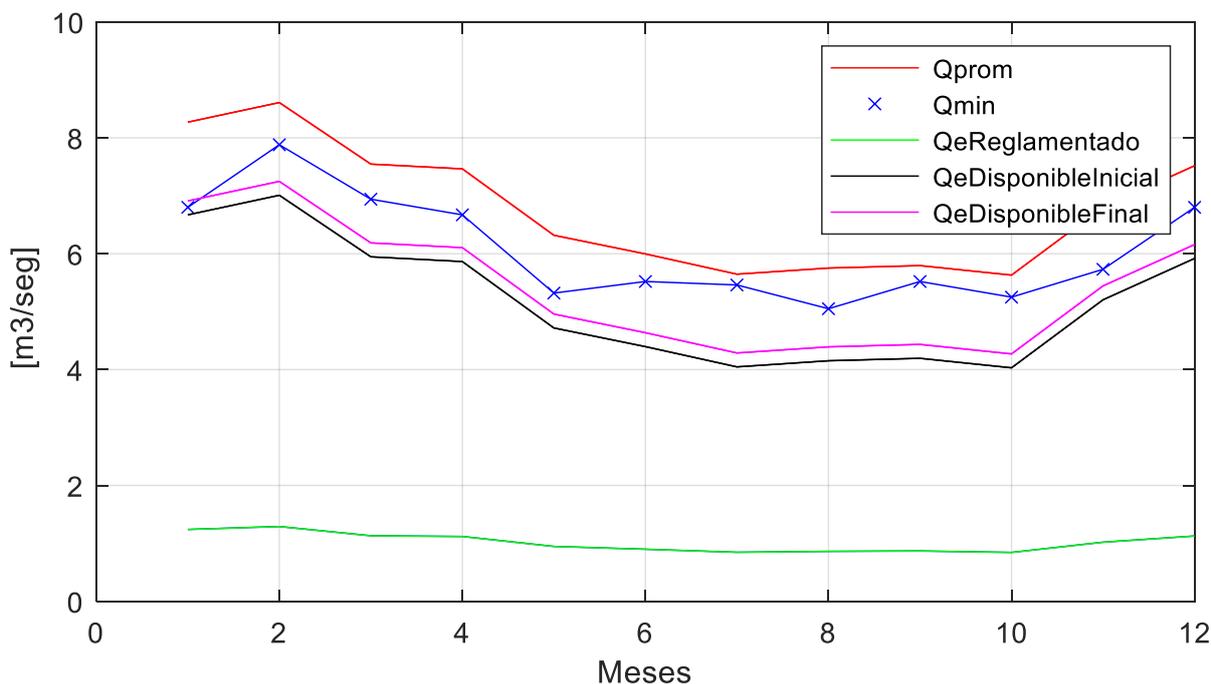
*Caso B resumen de resultados escenario de caudales.*

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Qprom[m3/seg]	8.273	8.609	7.545	7.464	6.319	5.996	5.645	5.753	5.794	5.632	6.804	7.518
Qmin[m3/seg]	6.804	7.882	6.939	6.669	5.322	5.524	5.457	5.053	5.524	5.255	5.726	6.804
QeDisponibleInicial[m3/seg]	6.673	7.010	5.945	5.864	4.719	4.396	4.045	4.153	4.194	4.032	5.204	5.918
QeReglamentado[m3/seg]	1.241	1.291	1.132	1.120	0.948	0.899	0.847	0.863	0.869	0.845	1.021	1.128
QeConstante[m3/seg]	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240
Vcf[m3/seg]	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360	1.360
Qd[m3/seg]	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
QeDisponibleFinal[m3/seg]	6.913	7.250	6.185	6.104	4.959	4.636	4.285	4.393	4.434	4.272	5.444	6.158

*Fuente: (Elaboración propia).*

**Figura 4.24**

*Caso B Grafica de las curvas obtenidos escenario de caudales.*



*Fuente: (Elaboración propia).*

Finalmente, este método logró resultados positivos en la determinación del caudal final de la turbina ( $V_{cf}$ ), que corresponde a la cantidad de reserva de caudal ambiental necesaria para mantener y proteger el medio ambiente. Además, el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) permanecerá sin cambios o fluctuará a medida que la organización de la cuenca propuesta considere flujos ambientales adicionales, lo que llevará a una determinación precisa de la capacidad de la turbina y a partir de ahí seleccionar el generador óptimo para el M tipo 1 mini central hidroeléctrica. Por otro lado, cabe señalar que el enfoque en este método permite optimizar el proceso de diseño de mini centrales hidroeléctricas de tipo 1 sin realizar un estudio de impacto ambiental porque el cálculo lleva más tiempo. determinación de caudales ambientales, es decir, el método propuesto ya no depende de estudios de impacto ambiental y determina el caudal de diseño final por turbina ( $V_{cf}$ ) en un tiempo muy corto en comparación con los estudios de impacto ambiental.

Por lo que el caudal del proyecto final por turbina se distribuye nuevamente según la tabla 4.62.

**Tabla 4.62**

*Casos B resumen de resultados escenario de caudales.*

Nombre	Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)	Grupos	Caudal de entrada por Grupo (m <sup>3</sup> /s)
CH CHUYAPI	4.80	Grupo 01	1.60
		Grupo 02	1.60
		Grupo 03	1.60
Nombre	Caudal final del proyecto por turbina (m <sup>3</sup> /s)	Grupos	Caudal de entrada por Grupo (m <sup>3</sup> /s)
CH CHUYAPI	4.080	Grupo 01	1.36
		Grupo 02	1.36
		Grupo 03	1.36

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### **4.4.8.3. Escenario de potencia de turbina grupo 01**

En este caso, este método proporciona la información y los procedimientos necesarios para determinar la capacidad final de la turbina (Pft) en función de los datos de entrada evaluados en escenarios de oleada y flujo, así como los valores recomendados para la eficiencia de la turbina y la gravedad específica del agua..

##### **4.4.8.3.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.**

Para el caso B, el método determina una potencia final de la turbina (Pft) de 564.9272 kW considerando los datos siguientes:

- $H_b = 50$  m

- $H_{liqf} = 47.7$  m
- $V_{cf} = 1.36$  m<sup>3</sup>/s
- $N_t = 88.77$  %
- $\gamma_a = 9.81$  kN/m<sup>3</sup>
- $P_{ft} = 564.9272$  kW

La potencia de la turbina ( $P_{ft}$ ) y los datos anteriores se determinan teniendo en cuenta los métodos, procedimientos y técnicas introducidos por este método en este escenario de verificación y como resultado se concluye que la aplicación de esta demostración en mini MCH tipo 1 es razonable.

Por otro lado, este método optimiza la capacidad de la turbina ( $P_{ft}$ ) mediante una optimización previa: altura de fluido final, flujo de diseño final por turbina y así actualiza el rendimiento de la turbina..

#### **4.4.8.4. Escenario de las características técnicas del generador**

En este caso, el método utiliza la información, métodos y procedimientos necesarios para obtener especificaciones específicas de velocidad del generador y de la turbina, tomando como entrada los valores determinados en los Otros escenarios (escenario de sobretensión y escenario de capacidad de la turbina). turbina) así como los valores recomendados para este método (eficiencia del generador, factor de potencia, frecuencia, número de polos y tensión nominal).

#### 4.4.8.4.1. Resumen y análisis de resultados grupo 01.

Para el caso A, los parámetros técnicos del generador enumerados en la Tabla 4.63 se determinan sobre la base de las condiciones técnicas establecidas. Seguir el proceso descrito en esta recomendación determinará el generador más adecuado para su aplicación específica.

**Tabla 4.63**

*Caso B resumen de las características técnicas de los generadores síncronos.*

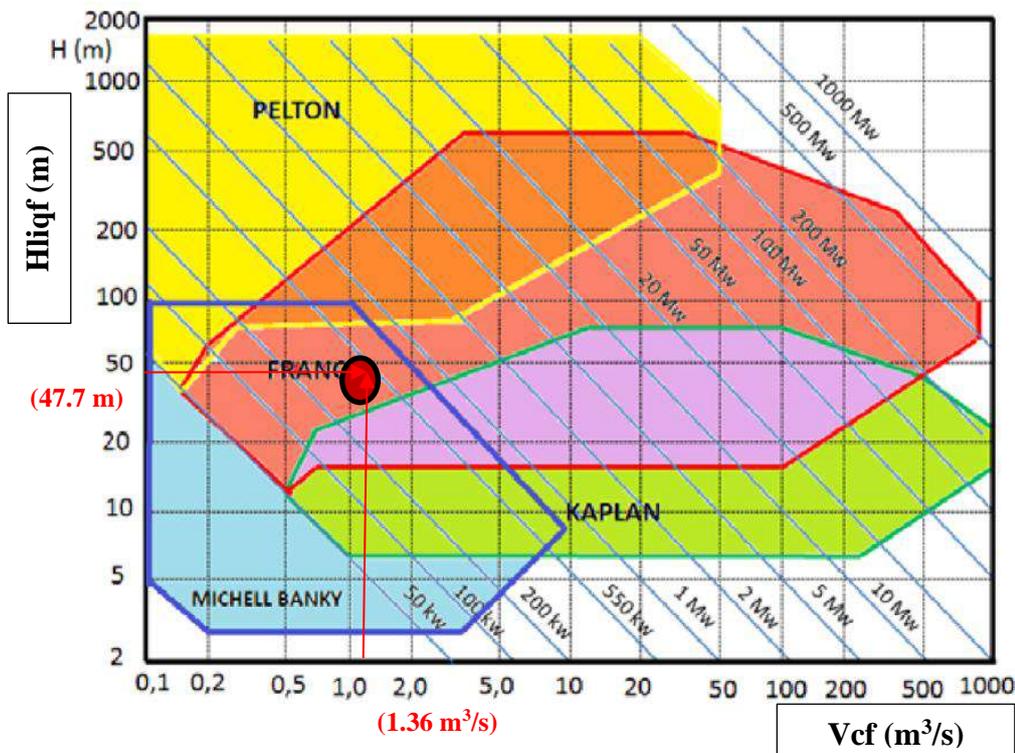
Parámetro	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador	Generador
	1	2	3	4	5	6
Pt[KW]	564.9271	564.9271	564.9271	564.9271	564.9271	564.9271
Pg[KW]	549.8625	549.8625	549.8625	549.8625	549.8625	549.8625
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10	15/416(x10
) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	) /440/460/	
	480	480	480	480	480	480
ns[Adimensional]	682.5756	341.2878	227.5252	170.6439	136.5151	113.7626

*Fuente: (Elaboración propia).*

#### 4.4.8.4.2. Paso 1 selección del tipo de turbina grupo 01.

Considerando que la altura de fluido final (Hliqf) es de 47,70 m y el caudal de diseño final por turbina es de 1,36 m<sup>3</sup>/s en la Figura 4.25, este método propone 4 tipos de turbinas: Michell Banky, Francis y Kaplan. Por lo tanto, la tabla 4.64 se utiliza para determinar el tipo de turbina para un grupo de generación determinado. Esto demuestra que las turbinas Francis y Kaplan son las más eficientes, a su vez se descarta la Kaplan por la magnitud del caudal que se requiere, quedándonos con la turbina Francis.

**Figura 4.25** Caso B Selección del tipo de turbina grupo 01.



Fuente: (HACKER, 2015).

**Tabla 4.64***Caso B selección de la turbina más óptima grupo 01.*

TIPO	INVENTOR Y AÑO DE PATENTE	Ns [Adimensional]	Qd [m <sup>3</sup> /seg]	Hn [m]	P [KW]	Nmax [%]
Turbina Pelton	Lesster Pelton 1980	1ch30-6ch50-70	0.05-50	30-1800	2-30000	91
Turgo	Eric Crewdson 1920	60-260	0.025-10	15-300	5--8000	85
Michell Banky	A.GMichell Banky	40-160	0.025-5	1-200	1-750	82
Bomba rotodinamica	Dionisio Papin 1689	30-170	0.025-25	10-250	5-500	80
Francis	James Francis 1848	160-150, R250-400	1-500	2-750	2-750000	92
Deriaz	P. Deriaz 1956	60-400	500	30-130	100000	92
Kaplan y de Elice	Kaplan 1912	300-800	1000	5--80	2-200000	93
Axialesk	H<25	300-800	600	5--30	10000	93

*Fuente: (INEA, 1997)***4.4.8.4.3. Paso 2: Realizar comparaciones analíticas como primera selección.**

De la Tabla 4.65, teniendo en cuenta la turbina Francis seleccionada y la columna de líquido final de 47,7 m de longitud, se eligió un rango de velocidades de 200 a 300, siempre teniendo en cuenta el número mínimo de boquillas.

**Tabla 4.65***Caso B Selección del rango de velocidades específicas grupo 01.*

VELOCIDAD ESPECIFICA [ns]	TIPO DE TURBINA	ALTURA LIQUIDA FINAL [m]
Hasta 18	Pelton con una tobera	800
19 a 25	Pelton con una tobera	400 a 800
26 a 35	Pelton con una tobera	100 a 400
26 a 35	Pelton con dos toberas	400 a 800
36 a 50	Pelton con dos toberas	100 a 400
51 a 72	Pelton con cuatro toberas	100 a 400
55 a 70	Francis lentisima	200 a 400
70 a 120	Francis lenta	100 a 200
120 a 200	Francis media	50 a 100
200 a 300	Francis veloz	25 a 50
300 a 450	Francis ultraveloz	15 a 25
400-500	Helice velocísima	Hasta 15
270 a 500	Kaplan lenta	15 a 25
500 a 800	Kaplan veloz	5 a 15
800-1100	Kaplan velocísima	5

*Fuente: (Castelfranchi, 1971).*

Por tanto, la primera elección de generador determinada para este rango de velocidades se muestra en la figura 4.66:

**Tabla 4.66***Caso B Primera selección de generadores grupo 01.*

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	564.9271	564.9271	564.9271	564.9271	564.9271	564.9271
Pg[KW]	549.8625	549.8625	549.8625	549.8625	549.8625	549.8625
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20	190/200/20
	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/	8/220/230/
	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2	240(x10)/2
	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277	54/265/277
	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4	/380/400/4
	15/416(x10 ) /440/460/					
ns[Adimensional]	480	480	480	480	480	480
	682.5756	341.2878	227.5252	170.6439	136.5151	113.7626

*Fuente: (Elaboración propia).***4.4.8.4.4. Paso 3: Selección del generador definitivo.**

Dado que en la Etapa II solo se seleccionó un generador, será el generador con la velocidad síncrona mayor. Por lo tanto, este método selecciona el generador síncrono con las siguientes características:

- Potencia de la turbina = 564.9272 kW
- Potencia del generador = 549.8625 kW
- Eficiencia del generador = 87.60 %
- Factor de potencia = 0.9 -
- Número de polos = 6 -
- Velocidad síncrona = 1200 RPM
- Frecuencia = 60 Hz
- Tensión nominal = 190/200/208/220/  
230/240(x10)/254/265/  
277/380/400/415/  
416(x10)/440/460 /480 V
- Velocidad específica = 227.5252

Es importante tener en cuenta que se deben considerar los siguientes factores al definir este generador para un caso de uso establecido:

- Primero, se debe usar la turbina Francis en la forma seleccionada para determinar los parámetros restantes requeridos al usar este tipo de turbina. De igual forma, la selección de este tipo de turbina se describe detalladamente en el procedimiento de selección de generador basado en el Apéndice 6.

- En segundo lugar, se debe utilizar una velocidad síncrona de 1200 rpm para determinar las dimensiones de la turbina (como aspas, diámetro de la turbina, toberas y otras variables que dependen de este parámetro específico).
- En tercer lugar, el generador síncrono seleccionado no requiere un diseño de multiplicador de velocidad.
- Cuarto, el generador síncrono seleccionado se puede montar horizontal o verticalmente.

#### **4.4.8.5. Característica técnica final del grupo de generación turbina generador grupo 01.**

Finalmente, el resumen de los datos técnicos del grupo de generación turbina – generador para la mini central hidroeléctrica Chuyapi se muestra en la tabla 4.67.

**Tabla 4.67**

*Caso B Característica técnica definitiva del grupo de generación turbina-generador grupo*

01.

<b>GRUPO 01</b>		
<b>Características Técnicas Turbina</b>		
<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tipo :	Francis	-
Modelo :	-	-
Salto bruto :	50	m
Salto neto :	47.70	m
Potencia :	564.9272	kW
Velocidad específica	227.5252	
Velocidad Síncrona :	1200	RPM
Eficiencia mínima :	88.70	%
Año :	-	-
Caudal :	1.36	m <sup>3</sup> /s
Serie :	-	-
Peso :	-	kg
<b>Características del Generador</b>		
<b>Características</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tipo :	Síncrono	-
Modelo :	-	-
Fase :	3	
Nivel de tensión :	4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión :	Y/ <b>Δ</b>	-
Potencia :	549.8625	kW
Factor de potencia :	0.9	-
Velocidad síncrona :	1800 / <b>1200</b>	RPM
Frecuencia :	60	Hz
Eficiencia mínima :	87.60	%
Número de polos :	4/ <b>6</b>	-

*Fuente:* (Elaboración propia)

## CAPÍTULO V

### VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA SELECCIÓN DEL GRUPO DE GENERACIÓN - TURBINA GENERADOR.

#### 5.1. Introducción.

El desarrollo de este capítulo incluye la demostración de que el método de selección del grupo de generación turbina – generador es válida en una mini central hidroeléctrica M.C.H tipo 1. Asimismo, la base del fundamento es la determinación del grado de confiabilidad de cada escenario propuesto y su comparación con el grado de confiabilidad propuesto por (Kerlinger, 2022).

#### 5.2. Escenario de saltos.

En cuanto al escenario del salto, será validado utilizando los casos A y B, tales como:

- La altura o el salto neto evaluado por el caso A.
- La altura o el salto neto evaluado por el caso B.
- La altura líquida final evaluado por el caso A.
- La altura líquida final evaluado por el caso B.

Además, en la table 5.1, la confiabilidad de 96.30% y 100% se obtiene a partir del error porcentual relativo (ecuación 11, resumen de ecuaciones ítems 2.2.12), lo que garantiza que este escenario de prueba proporciona una confiabilidad excelente, confirmando así la efectividad de la prueba de este escenario.

**Tabla 5.1**

*Validación escenario de saltos grupo de generación 01.*

Descripción	Hn (Proyecto)	Hliqf (Método)	Er (%)	Porcentaje de Confiabilidad
Caso A	(m)	(m)	$E_r \% = \frac{ V_{Experimental} - V_{verdadero} }{V_{verdadero}} * 100$	(Pc=100%-Er%)
	46	46		
Descripción	Hn (Proyecto)	Hliqf (Método)	Er (%)	Porcentaje de Confiabilidad
Caso B	(m)	(m)	$E_r \% = \frac{ V_{Experimental} - V_{verdadero} }{V_{verdadero}} * 100$	(Pc=100%-Er%)
	46	47.7		
% Confiabilidad promedio = 98.15%				

*Fuente:* (Elaboración propia)

### 5.3. Escenario de caudales.

En cuanto al escenario de caudales, también serán validados utilizando los casos A y B, tales como:

- El caudal ecológico reglamentado evaluado por el caso A.
- El caudal ecológico reglamentado evaluado por el caso B.
- Los caudales ecológicos establecidos por los lineamientos de ANA (Autoridad Nacional del Agua).

Estas muestras se toman en cuenta porque estos parámetros permiten reducir el caudal de diseño en una minicentral hidroeléctrica Tipo 1 hasta que el caudal de diseño final óptimo

en cada turbina cumpla con los lineamientos y criterios establecidos por el organismo de cuenca.

Por lo tanto, la Tabla 5.2 se deriva del error porcentual relativo (Ecuación 11, Resumen de ecuaciones, Sección 2.2.12) de 66,67% y 100%, lo que garantiza que este escenario de prueba produzca una confiabilidad excelente y alta, lo que confirma la efectividad experimental de este escenario.

**Tabla 5.2**

*Validación escenario de caudales grupo de generación 01.*

Descripción	Mes	Qe	Qe	Er (%)	Porcentaje de
		(Reglamentado)	(ANA)	$E_r \% = \frac{ V_{\text{Experimental}} - V_{\text{Verdadero}} }{V_{\text{Verdadero}}} * 100$	Confiabilidad
		(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)		(Pc=100%-Er%)
Caso A y B	Enero	1.2409	0.8273	33.3333	66.67
	Febrero	1.2914	0.8609	33.3333	66.67
	Marzo	1.1318	0.7545	33.3333	66.67
	Abril	1.1196	0.7464	33.3333	66.67
	Mayo	0.9479	0.6319	33.3333	66.67
	Junio	0.8993	0.8993	0.0000	100.00
	Julio	0.8468	0.8468	0.0000	100.00
	Agosto	0.8630	0.8630	0.0000	100.00
	Setiembre	0.8690	0.8690	0.0000	100.00
	Octubre	0.8448	0.8448	0.0000	100.00
	Noviembre	1.0206	1.0206	0.0000	100.00
	Diciembre	1.1277	0.7518	33.3333	66.67
% Confiabilidad promedio =					83.33%

*Fuente:* (Elaboración propia)

#### 5.4. Escenario de potencia de turbina.

En cuanto al escenario de la potencia de turbina, también serán validados utilizando los casos A y B, tales como:

- La potencia de la turbina existente en la MCH Chuyapi evaluada por el caso A.
- La potencia de la turbina existente en la MCH Chuyapi evaluada por el caso B.
- La potencia final de la turbina evaluado a partir del caudal del proyecto por turbina evaluado por el caso A.
- La potencia final de la turbina evaluado a partir del caudal del proyecto por turbina evaluado por el caso B.

Por lo tanto, la Tabla 5.3 se deriva de errores porcentuales relativos (Ecuación 11, Resumen de ecuaciones, sección 2.2.12) de 96,53 % y 99,78 %, lo que garantiza que este escenario de prueba proporcione excelentes niveles de confiabilidad, confirmando así la efectividad de las pruebas de este escenario.

**Tabla 5.3**

*Validación escenario de potencia turbina grupo de generación 01.*

Grupo de generación 01				
Descripción	Pft (Proyecto)	Pft (Método)	Er (%)	Porcentaje de Confiabilidad
Caso A	(kW) 546	(kW) 544.7936	$E_r \% = \frac{ V_{\text{Experimental}} - V_{\text{verdadero}} }{V_{\text{verdadero}}} * 100$ 0.2210	(Pc=100%-Er%) 99.78

Descripción	Pft (Proyecto)	Pft (Método)	Er (%)	Porcentaje de Confiabilidad
Caso B	(kW) 546	(kW) 564.9272	$E_r\% = \frac{ V_{Experimental} - V_{verdadero} }{V_{verdadero}} * 100$ 3.4665	(Pc=100%-Er%) 96.53
% Confiabilidad promedio = 98.16%				

*Fuente:* (Elaboración propia)

### 5.5. Escenario de las características técnicas del generador.

En cuanto al escenario de la potencia de turbina, también serán validados utilizando los casos A y B, tales como:

- La potencia del generador existente en la MCH Chuyapi evaluada por el caso A y B.
- La eficiencia del generador existente en la MCH Chuyapi evaluada por el caso A y B.
- La velocidad síncrona del generador existente en la MCH Chuyapi evaluada por el caso A y B.
- La tensión nominal del generador existente en la MCH Chuyapi evaluada por el caso A y B.
- El factor de potencia del generador existente en la MCH Chuyapi evaluada por el caso A y B.
- La frecuencia nominal del generador existente en la MCH Chuyapi evaluada por el caso A y B.

- El número de polos del generador existente en la MCH Chuyapi evaluada por el caso A y B.
- La potencia del generador evaluada por el caso A y B.
- La eficiencia del generador evaluada por el caso A y B.
- La velocidad síncrona del generador evaluada por el caso A y B.
- La tensión nominal del generador evaluada por el caso A y B.
- El factor de potencia del generador evaluada por el caso A y B.
- La frecuencia nominal del generador evaluada por el caso A y B.
- El número de polos del generador evaluada por el caso A y B.

Cabe mencionar que los parámetros se toman como muestra los instalados en la mini central hidroeléctrica de Chuyapi

Por lo tanto, la Tabla 5.4 se deriva del error porcentual relativo (Ecuación 11, Resumen de ecuaciones, Sección 2.2.12) de 87,50 % y 100,00 %, lo que garantiza que este escenario de prueba proporcione una confiabilidad excelente, confirmando así la efectividad de probar este escenario.

**Tabla 5.4**

*Validación escenario de características técnicas del generador grupo de generación 01.*

Grupo de generación 01						
Descripción	Variable	Unidad medida	Características técnicas Existentes	Características técnicas Método	$E_r \% = \frac{ V_{Experimental} - V_{verdadero} }{V_{verdadero}} * 100$	Porcentaje de Confiabilidad (Pc=100%-Er%)
Caso A	Pg	Kw	500	530.2657	6.0531	93.95

p	-	6	6	0.0000	100.00
FP	-	0.8	0.9	12.5000	87.50
f	Hz	60	60	0.0000	100.00
Ng	%	90	87.6	2.6667	97.33
Vn	V	2400	2400	0.0000	100.00
n	RPM	1200	1200	0.0000	100.00

Descripción	Variable	Unidad medida	Características técnicas Existentes	Características técnicas Método	Er (%) $E_r \% = \frac{ V_{Experimental} - V_{Verdadero} }{V_{Verdadero}} * 100$	Porcentaje de Confiabilidad (Pc=100%-Er%)
	Pg	Kw	500	549.8625	9.9725	90.03
	p	-	6	6	0.0000	100.00
	FP	-	0.8	0.9	12.5000	87.50
Caso B	f	Hz	60	60	0.0000	100.00
	Ng	%	90	87.6	2.6667	97.33
	Vn	V	2400	2400	0.0000	100.00
	n	RPM	1200	1200	0.0000	100.00
%Confiabilidad promedio =						96.69%

*Fuente:* (Elaboración propia)

## CONCLUSIONES

1. Se ha logrado cumplir el objetivo general. Implementando la propuesta con la asistencia del método enfocado a la selección del grupo de generación turbina – generador en el software Matlab para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco, aplicado a los proyectos para la MCH de Mapacho 01 dando como resultado 412.4675 kW y 401.4684 kW en cuanto a la potencia de la turbina y el generador respectivamente y para la MCH de Mapacho 02 se tienen de 349.9724 kW y 340.6398kW en cuanto a la potencia de la turbina y el generador respectivamente, así mismo para los proyectos de la MCH de Salcca 01 se tienen de 478.4228 kW y 465.6648kW en cuanto a la potencia de la turbina y el generador respectivamente y para la MCH de Salcca 02 se tienen de 401.8751 kW y 391.1584kW en cuanto a la potencia de la turbina y el generador respectivamente, así mismo se constata los resultados obtenidos con la MCH de Chuyapi. Esta a su vez ha sido desarrollada para un salto bruto y neto de 50.00 m y 46.00 m respectivamente y a un caudal turbinable de 1.36 m<sup>3</sup>/s, y como resultado para el caso A se tienen de 544.7936 kW y 530.2657kW en cuanto a la potencia de la turbina y el generador respectivamente; para el caso B se tiene una potencia de la turbina de 564.9272 kW y la potencia del generador de 549.8625 kW, obteniendo errores relativos para escenario de saltos = 98.15%, escenario de caudales = 83.33%, escenario de potencia turbina = 98.16% y el escenario de características técnicas del generador = 96.69% considerando según alfa de Cronbach buena.

2. Se ha logrado cumplir el primer objetivo específico. Evaluando los datos de entrada a partir de ciertas características o requisitos se optimiza el salto neto o bruto hasta un salto o altura líquida final o neta, en el escenario del caudal, se optimiza el caudal de diseño hasta el caudal final del proyecto por turbina considerando el caudal ecológico que permite mantener y conservar el medio ambiente, el escenario de la potencia de turbina, optimizando la potencia de ello hasta alcanzar hasta la potencia final de la turbina así como el escenario de las características técnicas del generador los cuales en conjunto define el generador más adecuado para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco.

3. Se ha logrado cumplir el segundo objetivo específico. Elaborando el código script en el entorno del Matlab a partir de un algoritmo (esquema y flujograma) automatizando así la selección adecuada del grupo de generación turbina - generador para minicentrales hidroeléctricas en la región Cusco.

4. Se ha logrado cumplir el tercer objetivo específico. Validando los resultados obtenidos por el método implementado en el código script elaborada en el entorno Matlab comparando dichos resultados con los existentes en la mini central hidroeléctrica de Chuyapi para los 4 escenarios desarrollados.

## SUGERENCIAS Y/O RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar el procedimiento propuesto en este trabajo de tesis o la herramienta de cálculo que corresponda en detalle a la secuencia del método propuesto para la selección del grupo de generación turbina – generador para proyectos de mini centrales hidroeléctricas en la región Cusco.

2. Dado que este método es un análisis que orienta a generadores síncronos, no se recomienda utilizar en generadores asíncronos y generadores de corriente continua.

3. Las características obtenidas del generador serán requeridas de acuerdo con los requisitos específicos del fabricante del generador, es decir, el fabricante del generador síncrono deberá construir su generador en base al generador seleccionado mediante este método.

**BIBLIOGRAFÍA**

Alvarez, & Huaman. (2022). *Modelos hidrológicos para la estimación de caudal ecológico*.

Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/323-1598-2-PB.pdf

ANA. (2012). *Consideraciones temporales para establecer el caudal ecológico N°023-2012*.

Lima: el peruano. Obtenido de

<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAH/IGAS%20LOTE%2088/282-2015.pdf>

Castelfranchi, G. (1971). *Centrales Electricas* (Sexta Edición ed.). Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/377532994/kupdf-com-centrales-electricas-castelfranchi-tomo-i-pdf>

Castro, A. (2006). *Minicentrales Hidroelectricas* (Sexta Edición ed.). IDAE. Obtenido de

[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_2.1.7\\_Minicentrales\\_hidroelectricas\\_125f6cd9.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf)

Chapman, S. J. (2000). *Maquinas Eléctricas*. Santa Fe: MC GRAW HILL.

Coz, F. (1995). *Manual de Mini y Microcentrales Hidroeléctricas*. Lima.

Doxrud, J. (8 de diciembre de 2018). *Sistemas y Sistemismo*. Obtenido de

<http://www.libertyk.com/blog-articulos/2018/12/8/sistemas-y-sistemismo-por-jan-doxrud>

Electrobras. (2000). *Directrices para la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas*.

Obtenido de Cuál es la diferencia entre pérdidas técnicas y pérdidas no técnicas.

- ELECTROBRAS. (2000). *Directrices para la construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas*. (Primera Edición ed.).
- Elgerd, O. (1970). *ELECTRIC ENERGY SYSTEMS THEORY*. New York: Mc Graw Gill.
- ESHA. (2006). *Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica*. (Sexta Edición ed.). Obtenido de [https://www.academia.edu/103058550/Gu%C3%ADa\\_para\\_el\\_dise%C3%B1o\\_de\\_peque%C3%B1as\\_centrales\\_hidroel%C3%A9ctricas?uc-g-sw=35002097](https://www.academia.edu/103058550/Gu%C3%ADa_para_el_dise%C3%B1o_de_peque%C3%B1as_centrales_hidroel%C3%A9ctricas?uc-g-sw=35002097)
- ESHA. (2016). *Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica*. España.
- Fitzgerald, A., Charles, K., & Stephen, D. (2004). *Máquinas Eléctricas* (6ta edición ed.). México: Mc Graw-Hill.
- Fraile, J. (2003). *Máquinas Eléctricas*. España: McGraw Hill.
- Guru, B., & Hiziroglu, H. (2003). *Máquinas Eléctricas y Transformadores* (3ra edición ed.). México: Alfaomega.
- Happoldt. (1974). *CENTRALES ELECTRICAS*. Barcelona: Labor.
- Holly, M. (2007). *MATLAB para Ingenieros*. Mexico: Pearson Educación.
- IDAE. (2006). *Minicentrales Hidroelectricas*. Obtenido de [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_2.1.7\\_Minicentrales\\_hidroelectricas\\_125f6cd9.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf)
- INEA. (1997). *Guía de diseño de pequeñas centrales hidroeléctricas/ Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas (INEA)*.

- Jimmie J., C. (2015). *Máquinas Eléctricas, Análisis y diseño con Matlab* (6ta edición ed.). México: McGRAW-HILL.
- Kerlinger, F. (2022). *Invesigaciòn del Comportamiento* (4ta edición ed.). MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA.
- Kosow, I. (1991). *Maquinas Eléctricas y Transformadores*. Mexico: Prentice-Hall.
- MINEM-DGE. (2023). *PRINCIPALES INDICADORES DEL SECTOR ELÉCTRICO A NIVEL NACIONAL*. Lima: El Peruano. Obtenido de [https://www.minem.gob.pe/\\_detalle.php?idSector=6&idTitular=644&idMenu=sub115&idCateg=355](https://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=6&idTitular=644&idMenu=sub115&idCateg=355)
- Ortiz, F. R. (2001). *Pequeñas centrales hidroeléctricas* (PrimeraEdición ed.). McGraw-Hill.
- Stephen J, C. (2012). *Máquinas Eléctricas* (5ta edición ed.). México: Mc Graw-Hill.
- Suescùn, I. (2016). *Centrales Hidroelèctricas* (1ra edición ed.). Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Turbinas%20hidr%C3%A1ulicas.pdf>
- TES, E. e. (julio de 2020). *Espíritu emprendedor TES-ISSS 2612-8093*. Obtenido de Tipos de justificación en la investigación científica: <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>
- Triola, M. (2009). *Estadística* (Dècima Edición ed.). Pearson. Obtenido de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2015/09/Estadistica.pdf>
- Wilde, T. (2007). *Màquinas Eléctricas y sistemas de potencia (6 ta ed.)*. Monterrey, México.: Pearson Educación.
- Zoppetti Juddez, G. (1979). *Centrales hidroeléctricas: su estudio, montaje, regulación* (5th or later Edition ed.). México: Gustavo Gili, S.L.

## **ANEXOS.**

### **1. Aplicación detallada MCH de Mapacho 01.**

- ✓ **Anexo 1** Resultados obtenidos del software Matlab de la MCH de Mapacho 01.

### **2. Aplicación detallada MCH de Mapacho 02.**

- ✓ **Anexo 2** Resultados obtenidos del software Matlab de la MCH de Mapacho 02.

### **3. Aplicación detallada MCH de Salcca 01.**

- ✓ **Anexo 3** Resultados obtenidos del software Matlab de la MCH de Salcca 01.

### **4. Aplicación detallada MCH de Salcca 02.**

- ✓ **Anexo 4** Resultados obtenidos del software Matlab de la MCH de Salcca 02.

### **5. Aplicación detallada CASO A.**

- ✓ **Anexo 5** Resultados obtenidos de Matlab caso A.

### **6. Aplicación detallada CASO B.**

- ✓ **Anexo 6** Resultados obtenidos de Matlab caso B.

### **7. Características técnicas del grupo de generación de la MCH Chuyapi.**

- ✓ **Anexo 7** Características técnicas grupo de generación Chuyapi.

### **8. Medición del caudal aforo por el método del flotador.**

- ✓ **Anexo 8** Tabla de mediciones por el método del flotador rio Chuyapi.

### **9. Panel fotográfico mini central hidroeléctrica Chuyapi.**

- ✓ **Anexo 9** Fotografías tomadas en la mini central Hidroeléctrica Chuyapi.

### **10. Algoritmo de programación en Matlab.**

- ✓ **Anexo 10** Algoritmo de programación en Matlab.

## Anexo 1

*Resultados obtenidos del Software Matlab - Estudio de Perfil Minicentral Hidroeléctrica de Mapacho 01.*

---

### **ESCENARIO DE SALTOS:**

¿Para que tipo de salto desea seleccionar el generador?

1<<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hn" como dato requerido

2<<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hb" como dato requerido

Elija una de los Casos : 2

#### 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.- DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el salto bruto en [m]: 33

1.2.- VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>Hp%=4.60 [%] valor recomendado para aduanas en túneles o canales de aducción

>>>Hp%=3.00 [%] valor recomendado para casas de fuerza al pie de la represa

Ingrese las perdidas hidraulicas porcentuales Hp% en [%]: 4.60

#### 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

31.482

### 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS:

DescripcionSaltos	Hb	HpPorcentual	Hliqf
{'Met. para selección del generador en una M.C.H tipo 1'}	33	4.6	31.482

### **ESCENARIO DE CAUDALES**

#### 1.-DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.-DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el caudal de diseño en [m3/seg], sin la inclusion del caudal ecologico en su dimencionamiento: 1.77

¿INGRESE EL HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES, SEGÚN LA CANTIDAD DE AÑOS A EVALUAR?

1 >> Evaluar caudales para 5 años

2 >> Evaluar caudales para 4 años

3 >> Evaluar caudales para 3 años

4 >> Evaluar caudales para 2 años

5 >> Evaluar caudales para 1 años

ELIJA UNA DE LAS OPCIONES: 1

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : 52.15

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : 88.33

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : 66.10

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : 42.76

Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : 27.63

Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : 20.21

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : 17.83

Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : 16.11

Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : 17.43

Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : 22.72

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : 39.88

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : 56.62

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : 51.30

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : 66.01

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : 59.75

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : 30.76

Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : 16.70

Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : 15.98

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : 13.55

Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : 11.94

Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : 12.90

Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : 15.44

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : 20.90

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : 46.19

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : 85.19

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : 85.87

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : 84.22

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3er año : 64.35  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3er año : 27.96  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3er año : 17.26  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3er año : 11.95  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3er año : 8.75  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3er año : 12.45  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3er año : 17.10  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3er año : 34.68  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3er año : 75.58  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 4to año : 75.45  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 4to año : 100.66  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 4to año : 84.22  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 4to año : 42.54  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 4to año : 18.41  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 4to año : 10.89  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 4to año : 7.70  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 4to año : 7.75  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 4to año : 10.98  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 4to año : 14.12  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 4to año : 18.43  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 4to año : 21.75  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 5to año : 26.39  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 5to año : 58.77  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 5to año : 52.90  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 5to año : 38.52  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 5to año : 20.43  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 5to año : 9.01  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 5to año : 6.96  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 5to año : 5.59  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 5to año : 8.79  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 5to año : 19.48

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 5to año : 29.53

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 5to año : 52.59

**HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES:**

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5
{'Enero[m3/seg]'	52.15	51.3	85.19	75.45	26.39
{'Febrero[m3/seg]'	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77
{'Marzo[m3/seg]'	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9
{'Abril[m3/seg]'	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52
{'Mayo[m3/seg]'	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43
{'Junio[m3/seg]'	20.21	15.98	17.26	10.98	9.01
{'Julio[m3/seg]'	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96
{'Agosto[m3/seg]'	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59
{'Septiembre[m3/seg]'	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77
{'Octubre[m3/seg]'	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48
{'Noviembre[m3/seg]'	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53
{'Diciembre[m3/seg]'	56.22	46.19	75.58	21.75	52.99

**1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1**

>>>>%QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida

Ingrese el porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado [%]: 15

**2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO 1**

**CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1:**

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom
{'Enero[m3/seg]'	52.15	51.33	85.19	75.45	26.39	58.096
{'Febrero[m3/seg]'	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	79.928
{'Marzo[m3/seg]'	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	68.838
{'Abril[m3/seg]'	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	43.786

{'Mayo[m3/seg]'	}	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	22.226
{'Junio[m3/seg]'	}	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	14.67
{'Julio[m3/seg]'	}	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	11.598
{'Agosto[m3/seg]'	}	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	10.028
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	15.633
{'Octubre[m3/seg]'	}	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48	17.772
{'Noviembre[m3/seg]'	}	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53	28.684
{'Diciembre[m3/seg]'	}	56.22	46.19	75.58	21.75	52.99	50.626

## CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qmin
{'Enero[m3/seg]'	}	52.15	51.3	85.19	75.45	26.39	26.39
{'Febrero[m3/seg]'	}	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	58.77
{'Marzo[m3/seg]'	}	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	52.9
{'Abril[m3/seg]'	}	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	30.76
{'Mayo[m3/seg]'	}	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	16.7
{'Junio[m3/seg]'	}	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	9.01
{'Julio[m3/seg]'	}	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	6.96
{'Agosto[m3/seg]'	}	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	5.59
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	8.77
{'Octubre[m3/seg]'	}	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48	14.12
{'Noviembre[m3/seg]'	}	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53	18.43
{'Diciembre[m3/seg]'	}	56.62	46.19	75.58	21.75	52.99	21.75

## CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QeReglamentado
{'Enero[m3/seg]'	}	52.15	51.3	85.19	75.45	26.39	58.096	8.7144

{'Febrero[m3/seg]'	}	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	79.928	11.989
{'Marzo[m3/seg]'	}	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	68.838	10.326
{'Abril[m3/seg]'	}	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	43.786	6.5679
{'Mayo[m3/seg]'	}	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	22.226	3.3339
{'Junio[m3/seg]'	}	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	14.67	2.2005
{'Julio[m3/seg]'	}	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	11.598	1.7397
{'Agosto[m3/seg]'	}	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	10.028	1.5042
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	15.633	2.3449
{'Octubre[m3/seg]'	}	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48	17.772	2.6658
{'Noviembre[m3/seg]'	}	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53	28.684	4.3026
{'Diciembre[m3/seg]'	}	56.22	46.19	75.58	21.75	52.99	50.626	7.5939

## CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeDisponibleInicial
{'Enero[m3/seg]'	}	52.15	51.3	85.19	75.45	26.39	58.096	1.77	56.326
{'Febrero[m3/seg]'	}	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	79.928	1.77	78.158
{'Marzo[m3/seg]'	}	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	68.838	1.77	67.068
{'Abril[m3/seg]'	}	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	43.786	1.77	42.016
{'Mayo[m3/seg]'	}	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	22.226	1.77	20.456
{'Junio[m3/seg]'	}	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	14.67	1.77	12.9
{'Julio[m3/seg]'	}	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	11.598	1.77	9.828
{'Agosto[m3/seg]'	}	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	10.028	1.77	8.258
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	15.633	1.77	13.863
{'Octubre[m3/seg]'	}	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48	17.772	1.77	16.002
{'Noviembre[m3/seg]'	}	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53	28.684	1.77	26.914
{'Diciembre[m3/seg]'	}	56.22	46.19	75.58	21.75	52.99	50.626	1.77	48.856

## CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	QdProyecto	QeConstante
{'Enero[m3/seg]'	52.15	51.3	85.19	75.45	26.39	1.77	0.2655
{'Febrero[m3/seg]'	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	1.77	0.2655
{'Marzo[m3/seg]'	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	1.77	0.2655
{'Abril[m3/seg]'	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	1.77	0.2655
{'Mayo[m3/seg]'	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	1.77	0.2655
{'Junio[m3/seg]'	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	1.77	0.2655
{'Julio[m3/seg]'	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	1.77	0.2655
{'Agosto[m3/seg]'	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	1.77	0.2655
{'Septiembre[m3/seg]'	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	1.77	0.2655
{'Octubre[m3/seg]'	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48	1.77	0.2655
{'Noviembre[m3/seg]'	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53	1.77	0.2655
{'Diciembre[m3/seg]'	56.22	46.19	75.58	21.75	52.99	1.77	0.2655

## CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeConstante	Vcf
{'Enero[m3/seg]'	52.15	51.33	85.19	75.45	26.39	58.096	1.77	0.2655	1.5045
{'Febrero[m3/seg]'	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	79.928	1.77	0.2655	1.5045
{'Marzo[m3/seg]'	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	68.838	1.77	0.2655	1.5045
{'Abril[m3/seg]'	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	43.786	1.77	0.2655	1.5045
{'Mayo[m3/seg]'	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	22.226	1.77	0.2655	1.5045
{'Junio[m3/seg]'	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	14.67	1.77	0.2655	1.5045
{'Julio[m3/seg]'	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	11.598	1.77	0.2655	1.5045
{'Agosto[m3/seg]'	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	10.028	1.77	0.2655	1.5045
{'Septiembre[m3/seg]'	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	12.506	1.77	0.2655	1.5045



{'Vcf[m3/seg]'	}	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045
{'Qd[m3/seg]'	}	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
{'QeDisponibleFinal[m3/seg]'	}	56.591	78.424	67.334	42.282	20.721	13.166	10.094	8.5235	14.128	16.267	27.18	49.121

**ESCENARIO DE POTENCIAS DE TURBINA:**

**1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA**

**1.1.-DATOS REQUERIDOS DE OTROS ESCENARIOS DE VALIDACION**

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

31.4820

Caudal final del proyecto por turbina , VCF en [m3/seg]:

1.5045

**1.2.-VALORES RECOMENDADADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1**

>>>Nt=88.77 [%] valor recomendado para la eficiencia de la turbina

Ingrese la eficiencia de la turbina Nt [%]: 88.77

>>>GAMAa=9.81 [kg/(m2\*s2)] valor recomendado para peso específico del agua

Ingrese el peso especifico del agua "a"[kg/(m2\*s2)]: 9.81

**2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1**

Potencia final de la turbina [KW]:

412.4675

**3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS:**

DescripcionPotenciasTurbinas	Hliqf	VCF	Nt	GAMAa	Pft
{'Met. para selección del generador en una M.C.H tipo 1'}	31.482	1.5045	88.77	9.81	412.4675



## GENERADOR SINCRONO POLOS SALIENTES CON ESCOBILLAS

La Velocidad síncronica del generador "n" :

p	n
2	3600
4	1800
6	1200
8	900
10	720
12	600

La Velocidad específica de la turbina "ns" :

EL TIPO DE TURBINA A SELECCIONAR:

FRANCIS VELOZ

n	ns
3600	980.44
1800	490.22
1200	326.81
900	245.11
720	196.09
600	163.41

### 3.- RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Resumen de las características técnicas del generador:

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	412.4675	412.4675	412.4675	412.4675	412.4675	412.4675
Pg[KW]	401.4684	401.4684	401.4684	401.4684	401.4684	401.4684
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25
Vn[Voltios]	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480
ns[Adimensional]	980.4365	490.2183	326.8122	245.1091	196.0873	163.4061

## Anexo 2

Resultados obtenidos del Software Matlab - Estudio de Perfil Minicentral Hidroeléctrica de Mapacho 02.

---

### **ESCENARIO DE SALTOS:**

¿Para que tipo de salto desea seleccionar el generador?

1<<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hn" como dato requerido

2<<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hb" como dato requerido

Elija una de los Casos : 2

#### 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.- DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el salto bruto en [m]: 28

1.2.- VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>Hp%=4.60 [%] valor recomendado para aduanas en túneles o canales de aducción

>>>Hp%=3.00 [%] valor recomendado para casas de fuerza al pie de la represa

Ingrese las perdidas hidraulicas porcentuales Hp% en [%]: 4.60

#### 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

26.712

#### 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS:

DescripcionSaltos	Hb	HpPorcentual	Hliqf
{'Met. para selección del generador en una M.C.H tipo 1'}	28	4.6	26.712

### **ESCENARIO DE CAUDALES**

#### 1.-DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.-DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el caudal de diseño en [m3/seg], sin la inclusion del caudal ecologico en su dimencionamiento: 1.77

¿INGRESE EL HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES, SEGÚN LA CANTIDAD DE AÑOS A EVALUAR?

1 >> Evaluar caudales para 5 años

2 >> Evaluar caudales para 4 años

3 >> Evaluar caudales para 3 años

4 >> Evaluar caudales para 2 años

5 >> Evaluar caudales para 1 años

ELIJA UNA DE LAS OPCIONES: 1

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : 52.15

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : 88.33

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : 66.10

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : 42.76

Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : 27.63

Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : 20.21

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : 17.83

Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : 16.11

Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : 17.43

Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : 22.72

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : 39.88

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : 56.62

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : 51.30

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : 66.01

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : 59.75

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : 30.76

Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : 16.70

Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : 15.98

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : 13.55

Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : 11.94

Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : 12.90

Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : 15.44

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : 20.90

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : 46.19

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : 85.19

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : 85.87

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : 84.22

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3er año : 64.35  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3er año : 27.96  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3er año : 17.26  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3er año : 11.95  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3er año : 8.75  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3er año : 12.45  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3er año : 17.10  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3er año : 34.68  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3er año : 75.58  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 4to año : 75.45  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 4to año : 100.66  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 4to año : 84.22  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 4to año : 42.54  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 4to año : 18.41  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 4to año : 10.89  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 4to año : 7.70  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 4to año : 7.75  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 4to año : 10.98  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 4to año : 14.12  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 4to año : 18.43  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 4to año : 21.75  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 5to año : 26.39  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 5to año : 58.77  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 5to año : 52.90  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 5to año : 38.52  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 5to año : 20.43  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 5to año : 9.01  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 5to año : 6.96  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 5to año : 5.59  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 5to año : 8.79  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 5to año : 19.48

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 5to año : 29.53

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 5to año : 52.59

#### HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5
{'Enero[m3/seg]'	52.15	51.3	85.19	75.45	26.39
{'Febrero[m3/seg]'	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77
{'Marzo[m3/seg]'	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9
{'Abril[m3/seg]'	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52
{'Mayo[m3/seg]'	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43
{'Junio[m3/seg]'	20.21	15.98	17.26	10.98	9.01
{'Julio[m3/seg]'	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96
{'Agosto[m3/seg]'	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59
{'Septiembre[m3/seg]'	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77
{'Octubre[m3/seg]'	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48
{'Noviembre[m3/seg]'	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53
{'Diciembre[m3/seg]'	56.22	46.19	75.58	21.75	52.99

#### 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>%QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida

Ingrese el porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado [%]: 15

#### 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO 1

##### CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom
{'Enero[m3/seg]'	52.15	51.33	85.19	75.45	26.39	58.096
{'Febrero[m3/seg]'	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	79.928
{'Marzo[m3/seg]'	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	68.838
{'Abril[m3/seg]'	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	43.786

{'Mayo[m3/seg]'	}	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	22.226
{'Junio[m3/seg]'	}	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	14.67
{'Julio[m3/seg]'	}	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	11.598
{'Agosto[m3/seg]'	}	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	10.028
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	15.633
{'Octubre[m3/seg]'	}	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48	17.772
{'Noviembre[m3/seg]'	}	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53	28.684
{'Diciembre[m3/seg]'	}	56.22	46.19	75.58	21.75	52.99	50.626

## CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qmin
{'Enero[m3/seg]'	}	52.15	51.3	85.19	75.45	26.39	26.39
{'Febrero[m3/seg]'	}	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	58.77
{'Marzo[m3/seg]'	}	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	52.9
{'Abril[m3/seg]'	}	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	30.76
{'Mayo[m3/seg]'	}	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	16.7
{'Junio[m3/seg]'	}	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	9.01
{'Julio[m3/seg]'	}	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	6.96
{'Agosto[m3/seg]'	}	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	5.59
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	8.77
{'Octubre[m3/seg]'	}	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48	14.12
{'Noviembre[m3/seg]'	}	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53	18.43
{'Diciembre[m3/seg]'	}	56.62	46.19	75.58	21.75	52.99	21.75

## CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QeReglamentado
{'Enero[m3/seg]'	}	52.15	51.3	85.19	75.45	26.39	58.096	8.7144

{'Febrero[m3/seg]'	}	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	79.928	11.989
{'Marzo[m3/seg]'	}	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	68.838	10.326
{'Abril[m3/seg]'	}	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	43.786	6.5679
{'Mayo[m3/seg]'	}	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	22.226	3.3339
{'Junio[m3/seg]'	}	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	14.67	2.2005
{'Julio[m3/seg]'	}	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	11.598	1.7397
{'Agosto[m3/seg]'	}	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	10.028	1.5042
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	15.633	2.3449
{'Octubre[m3/seg]'	}	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48	17.772	2.6658
{'Noviembre[m3/seg]'	}	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53	28.684	4.3026
{'Diciembre[m3/seg]'	}	56.22	46.19	75.58	21.75	52.99	50.626	7.5939

## CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeDisponibleInicial
{'Enero[m3/seg]'	}	52.15	51.3	85.19	75.45	26.39	58.096	1.77	56.326
{'Febrero[m3/seg]'	}	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	79.928	1.77	78.158
{'Marzo[m3/seg]'	}	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	68.838	1.77	67.068
{'Abril[m3/seg]'	}	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	43.786	1.77	42.016
{'Mayo[m3/seg]'	}	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	22.226	1.77	20.456
{'Junio[m3/seg]'	}	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	14.67	1.77	12.9
{'Julio[m3/seg]'	}	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	11.598	1.77	9.828
{'Agosto[m3/seg]'	}	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	10.028	1.77	8.258
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	15.633	1.77	13.863
{'Octubre[m3/seg]'	}	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48	17.772	1.77	16.002
{'Noviembre[m3/seg]'	}	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53	28.684	1.77	26.914
{'Diciembre[m3/seg]'	}	56.22	46.19	75.58	21.75	52.99	50.626	1.77	48.856

## CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	QdProyecto	QeConstante
{'Enero[m3/seg]'	52.15	51.3	85.19	75.45	26.39	1.77	0.2655
{'Febrero[m3/seg]'	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	1.77	0.2655
{'Marzo[m3/seg]'	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	1.77	0.2655
{'Abril[m3/seg]'	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	1.77	0.2655
{'Mayo[m3/seg]'	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	1.77	0.2655
{'Junio[m3/seg]'	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	1.77	0.2655
{'Julio[m3/seg]'	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	1.77	0.2655
{'Agosto[m3/seg]'	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	1.77	0.2655
{'Septiembre[m3/seg]'	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	1.77	0.2655
{'Octubre[m3/seg]'	22.72	15.44	17.10	14.12	19.48	1.77	0.2655
{'Noviembre[m3/seg]'	39.88	20.9	34.68	18.43	29.53	1.77	0.2655
{'Diciembre[m3/seg]'	56.22	46.19	75.58	21.75	52.99	1.77	0.2655

## CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeConstante	Vcf
{'Enero[m3/seg]'	52.15	51.33	85.19	75.45	26.39	58.096	1.77	0.2655	1.5045
{'Febrero[m3/seg]'	88.33	66.01	85.87	100.66	58.77	79.928	1.77	0.2655	1.5045
{'Marzo[m3/seg]'	66.1	56.75	84.22	84.22	52.9	68.838	1.77	0.2655	1.5045
{'Abril[m3/seg]'	42.76	30.76	64.35	42.54	38.52	43.786	1.77	0.2655	1.5045
{'Mayo[m3/seg]'	27.63	16.7	27.96	18.41	20.43	22.226	1.77	0.2655	1.5045
{'Junio[m3/seg]'	20.21	15.98	17.26	10.89	9.01	14.67	1.77	0.2655	1.5045
{'Julio[m3/seg]'	17.83	13.55	11.95	7.7	6.96	11.598	1.77	0.2655	1.5045
{'Agosto[m3/seg]'	16.11	11.94	8.75	7.75	5.59	10.028	1.77	0.2655	1.5045
{'Septiembre[m3/seg]'	17.43	12.9	12.45	10.98	8.77	12.506	1.77	0.2655	1.5045



{'Vcf[m3/seg]'	}	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045	1.5045
{'Qd[m3/seg]'	}	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
{'QeDisponibleFinal[m3/seg]'	}	56.591	78.424	67.334	42.282	20.721	13.166	10.094	8.5235	14.128	16.267	27.18	49.121

**ESCENARIO DE POTENCIAS DE TURBINA:**

**1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA**

**1.1.-DATOS REQUERIDOS DE OTROS ESCENARIOS DE VALIDACION**

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

26.712

Caudal final del proyecto por turbina , VCF en [m3/seg]:

1.5045

**1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1**

>>>Nt=88.77 [%] valor recomendado para la eficiencia de la turbina

Ingrese la eficiencia de la turbina Nt [%]: 88.77

>>>GAMAa=9.81 [kg/(m2\*s2)] valor recomendado para peso específico del agua

Ingrese el peso específico del agua "a"[kg/(m2\*s2)]: 9.81

**2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1**

Potencia final de la turbina [KW]:

349.9724

**3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS:**

DescripcionPotenciasTurbinas	Hliqf	VCF	Nt	GAMAa	Pft
{'Met. para selección del generador en una M.C.H tipo 1'}	26.712	1.5045	88.77	9.81	349.9724



## GENERADOR SINCRONO POLOS SALIENTES CON ESCOBILLAS

La Velocidad síncronica del generador "n" :

p	n
2	3600
4	1800
6	1200
8	900
10	720
12	600

La Velocidad específica de la turbina "ns" :

EL TIPO DE TURBINA A SELECCIONAR:

FRANCIS VELOZ

n	ns
3600	1109
1800	554.51
1200	369.67
900	277.25
720	221.8
600	184.84

### 3.- RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Resumen de las características técnicas del generador:

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	349.9724	349.9724	349.9724	349.9724	349.9724	349.9724
Pg[KW]	340.6398	340.6398	340.6398	340.6398	340.6398	340.6398
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25
	4/265/277/380/40	4/265/277/380/40	4/265/277/380/40	4/265/277/380/40	4/265/277/380/40	4/265/277/380/40
	0/415/416(x10)/4	0/415/416(x10)/4	0/415/416(x10)/4	0/415/416(x10)/4	0/415/416(x10)/4	0/415/416(x10)/4
	40/460/480	40/460/480	40/460/480	40/460/480	40/460/480	40/460/480
ns[Adimensional]	1109	554.5062	369.6708	277.2531	221.8025	184.8354

### Anexo 3

Resultados obtenidos del software Matlab - Estudio de Perfil Minicentral Hidroeléctrica de Salcca 01.

#### **ESCENARIO DE SALTOS:**

¿Para que tipo de salto desea seleccionar el generador?

1<<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hn" como dato requerido

2<<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hb" como dato requerido

Elija una de los Casos : 2

#### 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.- DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el salto bruto en [m]: 25

1.2.- VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>Hp%=4.60 [%] valor recomendado para aduanas en túneles o canales de aducción

>>>Hp%=3.00 [%] valor recomendado para casas de fuerza al pie de la represa

Ingrese las perdidas hidraulicas porcentuales Hp% en [%]: 4.60

#### 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

23.8500

#### 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS:

DescripcionSaltos	Hb	HpPorcentual	Hliqf
{'Met. para selección del generador en una M.C.H tipo 1'}	25	4.6	23.85

#### **ESCENARIO DE CAUDALES**

#### 1.-DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.-DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el caudal de diseño en [m<sup>3</sup>/seg], sin la inclusion del caudal ecológico en su dimensionamiento: 2.71

¿INGRESE EL HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES, SEGÚN LA CANTIDAD DE AÑOS A EVALUAR?

1 >> Evaluar caudales para 5 años

2 >> Evaluar caudales para 4 años

3 >> Evaluar caudales para 3 años

4 >> Evaluar caudales para 2 años

5 >> Evaluar caudales para 1 años

ELIJA UNA DE LAS OPCIONES: 1

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : 24.2677

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : 36.9186

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : 37.1416

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : 31.9744

Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : 19.3817

Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : 13.1633

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : 14.440

Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : 19.8489

Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : 17.860

Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : 17.8813

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : 28.4389

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : 40.7895

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : 47.2045

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : 66.140

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : 56.200

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : 36.8304

Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : 18.4048

Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : 10.9864

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : 8.5650

Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : 12.1818

Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : 17.9190

Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : 19.800

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : 21.9909

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : 28.450

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : 47.9455

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : 44.200

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : 42.7909

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3er año : 35.7850  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3er año : 14.7682  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3er año : 9.2905  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3er año : 9.1556  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3er año : 16.4636  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3er año : 14.9091  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3er año : 13.4222  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3er año : 20.6650  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3er año : 46.1895  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 4to año : 46.420  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 4to año : 53.0286  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 4to año : 41.200  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 4to año : 34.300  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 4to año : 18.260  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 4to año : 9.1853  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 4to año : 8.9961  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 4to año : 16.1418  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 4to año : 14.5286  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 4to año : 13.2961  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 4to año : 20.1920  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 4to año : 46.1374  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 5to año : 24.1306  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 5to año : 36.8881  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 5to año : 38.5619  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 5to año : 30.1883  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 5to año : 22.3029  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 5to año : 12.3437  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 5to año : 14.6045  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 5to año : 16.7025  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 5to año : 18.6967  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 5to año : 21.2007

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 5to año : 26.5578

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 5to año : 39.5281

**HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES:**

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5
{'Enero[m3/seg]'	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13
{'Febrero[m3/seg]'	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89
{'Marzo[m3/seg]'	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56
{'Abril[m3/seg]'	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19
{'Mayo[m3/seg]'	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3
{'Junio[m3/seg]'	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34
{'Julio[m3/seg]'	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6
{'Agosto[m3/seg]'	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7
{'Septiembre[m3/seg]'	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7
{'Octubre[m3/seg]'	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2
{'Noviembre[m3/seg]'	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56
{'Diciembre[m3/seg]'	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53

**1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1**

>>>>%QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida

Ingrese el porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado [%]: 15

**2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO 1**

**CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1:**

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom
{'Enero[m3/seg]'	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	37.994
{'Febrero[m3/seg]'	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	47.436
{'Marzo[m3/seg]'	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	43.178
{'Abril[m3/seg]'	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	33.816

{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	18.622
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	10.994
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	11.154
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	16.266
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	20.98
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	17.12
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	23.57
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	40.22

## CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qmin
{'Enero[m3/seg]'	}	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	24.13
{'Febrero[m3/seg]'	}	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	36.89
{'Marzo[m3/seg]'	}	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	37.14
{'Abril[m3/seg]'	}	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	30.19
{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	14.77
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	9.19
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	8.57
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	12.18
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	14.53
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	13.3
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	20.19
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	28.45

## CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QeReglamentado
{'Enero[m3/seg]'	}	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	37.994	5.6991
{'Febrero[m3/seg]'	}	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	47.436	7.1154

{'Marzo[m3/seg]'	}	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	43.178	6.4767
{'Abril[m3/seg]'	}	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	33.816	5.0724
{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	18.622	2.7933
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	10.994	1.6491
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	11.154	1.6731
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	16.266	2.4399
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	20.98	3.147
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	17.12	2.568
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	23.57	3.5355
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	40.22	6.033

## CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeDisponibleInicial
{'Enero[m3/seg]'	}	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	37.994	2.71	35.284
{'Febrero[m3/seg]'	}	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	47.436	2.71	44.726
{'Marzo[m3/seg]'	}	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	43.178	2.71	40.468
{'Abril[m3/seg]'	}	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	33.816	2.71	31.106
{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	18.622	2.71	15.912
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	10.994	2.71	8.284
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	11.154	2.71	8.444
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	16.266	2.71	13.556
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	20.98	2.71	18.27
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	17.12	2.71	14.41
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	23.57	2.71	20.86
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	40.22	2.71	37.51

## CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	QdProyecto	QeConstante
'Enero[m3/seg]' }	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	2.71	0.4065
{'Febrero[m3/seg]'	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	2.71	0.4065
{'Marzo[m3/seg]'	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	2.71	0.4065
{'Abril[m3/seg]'	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	2.71	0.4065
{'Mayo[m3/seg]'	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	2.71	0.4065
{'Junio[m3/seg]'	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	2.71	0.4065
{'Julio[m3/seg]'	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	2.71	0.4065
{'Agosto[m3/seg]'	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	2.71	0.4065
{'Septiembre[m3/seg]'	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	2.71	0.4065
{'Octubre[m3/seg]'	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	2.71	0.4065
{'Noviembre[m3/seg]'	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	2.71	0.4065
{'Diciembre[m3/seg]'	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	2.71	0.4065

## CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeConstante	Vcf
'Enero[m3/seg]' }	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	37.994	2.71	0.4065	2.3035
{'Febrero[m3/seg]'	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	47.436	2.71	0.4065	2.3035
{'Marzo[m3/seg]'	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	43.178	2.71	0.4065	2.3035
{'Abril[m3/seg]'	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	33.816	2.71	0.4065	2.3035
{'Mayo[m3/seg]'	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	18.622	2.71	0.4065	2.3035
{'Junio[m3/seg]'	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	10.994	2.71	0.4065	2.3035
{'Julio[m3/seg]'	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	11.154	2.71	0.4065	2.3035
{'Agosto[m3/seg]'	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	16.266	2.71	0.4065	2.3035

{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	20.98	2.71	0.4065	2.3035
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	17.12	2.71	0.4065	2.3035
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	23.57	2.71	0.4065	2.3035
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	40.22	2.71	0.4065	2.3035

## CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeConstante	Vcf	QeDisponibleFinal
'Enero[m3/seg]'	}	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	37.994	2.71	0.4065	2.3035	35.691
{'Febrero[m3/seg]'	}	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	47.436	2.71	0.4065	2.3035	45.133
{'Marzo[m3/seg]'	}	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	43.178	2.71	0.4065	2.3035	40.874
{'Abril[m3/seg]'	}	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	33.816	2.71	0.4065	2.3035	31.512
{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	18.622	2.71	0.4065	2.3035	16.319
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	10.994	2.71	0.4065	2.3035	8.6905
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	11.154	2.71	0.4065	2.3035	8.8505
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	16.266	2.71	0.4065	2.3035	13.962
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	20.98	2.71	0.4065	2.3035	18.677
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	17.12	2.71	0.4065	2.3035	14.817
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	23.57	2.71	0.4065	2.3035	21.267
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	40.22	2.71	0.4065	2.3035	37.916

### 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS

Caudales	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
{'Qprom[m3/seg]'	37.994	47.436	43.178	33.816	18.622	10.994	11.154	16.266	20.98	17.12	23.57	40.22
{'Qmin[m3/seg]'	24.13	36.89	37.14	30.19	14.77	9.19	8.57	12.18	14.53	13.3	20.19	28.45
{'QeDisponibleInicial[m3/seg]'	35.284	44.726	40.468	31.106	15.912	8.284	8.444	13.556	18.27	14.41	20.86	37.51
{'QeReglamentado[m3/seg]'	5.6991	7.1154	6.4767	5.0724	2.7933	1.6491	1.6731	2.4399	3.147	2.568	3.5355	6.033
{'QeConstante[m3/seg]'	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065
{'Vcf[m3/seg]'	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035
{'Qd[m3/seg]'	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71
{'QeDisponibleFinal[m3/seg]'	35.691	45.133	40.874	31.512	16.319	8.6905	8.8505	13.962	18.677	14.817	21.267	37.916

#### **ESCENARIO DE POTENCIAS DE TURBINA:**

##### 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA

###### 1.1.-DATOS REQUERIDOS DE OTROS ESCENARIOS DE VALIDACION

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

23.8500

Caudal final del proyecto por turbina , VCF en [m3/seg]:

2.3035

###### 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>Nt=88.77 [%] valor recomendado para la eficiencia de la turbina

Ingrese la eficiencia de la turbina Nt [%]: 88.77

>>>GAMAa=9.81 [kg/(m2\*s2)] valor recomendado para peso específico del agua

Ingrese el peso específico del agua "a"[kg/(m2\*s2)]: 9.81

##### 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Potencia final de la turbina [KW]:

478.4228



Ingrese la frecuencia del generador según su ubicación geográfica [%]: 60

2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

La potencia nominal del generador "Pg" :

465.6648

EL GENERADOR SELECCIONADO:

GENERADOR SINCRONO POLOS SALIENTES CON ESCOBILLAS

La Velocidad síncronica del generador "n" :

p	n
2	3600
4	1800
6	1200
8	900
10	720
12	600

La Velocidad específica de la turbina "ns" :

EL TIPO DE TURBINA A SELECCIONAR:

FRANCIS ULTRA VELOZ

n	ns
3600	1494
1800	747
1200	498
900	373.5
720	298.8
600	249

### 3.- RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Resumen de las características técnicas del generador:

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	478.4228	478.4228	478.4228	478.4228	478.4228	478.4228
Pg[KW]	465.6648	465.6648	465.6648	465.6648	465.6648	465.6648
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25
Vn[Voltios]	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480
ns[Adimensional]	1494	746.9954	497.9969	373.4977	298.7982	248.9985

## Anexo 4

Resultados obtenidos del software Matlab - Estudio de Perfil Minicentral Hidroeléctrica de Salcca 02.

### ESCENARIO DE SALTOS:

¿Para que tipo de salto desea seleccionar el generador?

1<<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hn" como dato requerido

2<<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hb" como dato requerido

Elija una de los Casos : 2

#### 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.- DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el salto bruto en [m]: 21

1.2.- VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>Hp%=4.60 [%] valor recomendado para aduanas en túneles o canales de aducción

>>>Hp%=3.00 [%] valor recomendado para casas de fuerza al pie de la represa

Ingrese las perdidas hidraulicas porcentuales Hp% en [%]: 4.60

#### 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

20.034

#### 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS:

DescripcionSaltos	Hb	HpPorcentual	Hliqf
{'Met. para selección del generador en una M.C.H tipo 1'}	21	4.6	20.034

### ESCENARIO DE CAUDALES

#### 1.-DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.-DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el caudal de diseño en [m3/seg], sin la inclusion del caudal ecológico en su dimensionamiento: 2.71

¿INGRESE EL HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES, SEGÚN LA CANTIDAD DE AÑOS A EVALUAR?

1 >> Evaluar caudales para 5 años

2 >> Evaluar caudales para 4 años

3 >> Evaluar caudales para 3 años

4 >> Evaluar caudales para 2 años

5 >> Evaluar caudales para 1 años

ELIJA UNA DE LAS OPCIONES: 1

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : 24.2677

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : 36.9186

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : 37.1416

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : 31.9744

Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : 19.3817

Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : 13.1633

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : 14.440

Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : 19.8489

Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : 17.860

Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : 17.8813

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : 28.4389

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : 40.7895

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : 47.2045

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : 66.140

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : 56.200

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : 36.8304

Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : 18.4048

Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : 10.9864

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : 8.5650

Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : 12.1818

Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : 17.9190

Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : 19.800

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : 21.9909

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : 28.450

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : 47.9455

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : 44.200

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : 42.7909

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3er año : 35.7850  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3er año : 14.7682  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3er año : 9.2905  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3er año : 9.1556  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3er año : 16.4636  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3er año : 14.9091  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3er año : 13.4222  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3er año : 20.6650  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3er año : 46.1895  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 4to año : 46.420  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 4to año : 53.0286  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 4to año : 41.200  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 4to año : 34.300  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 4to año : 18.260  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 4to año : 9.1853  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 4to año : 8.9961  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 4to año : 16.1418  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 4to año : 14.5286  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 4to año : 13.2961  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 4to año : 20.1920  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 4to año : 46.1374  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 5to año : 24.1306  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 5to año : 36.8881  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 5to año : 38.5619  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 5to año : 30.1883  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 5to año : 22.3029  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 5to año : 12.3437  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 5to año : 14.6045  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 5to año : 16.7025  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 5to año : 18.6967  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 5to año : 21.2007

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 5to año : 26.5578

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 5to año : 39.5281

**HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES:**

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5
{'Enero[m3/seg]'	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13
{'Febrero[m3/seg]'	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89
{'Marzo[m3/seg]'	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56
{'Abril[m3/seg]'	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19
{'Mayo[m3/seg]'	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3
{'Junio[m3/seg]'	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34
{'Julio[m3/seg]'	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6
{'Agosto[m3/seg]'	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7
{'Septiembre[m3/seg]'	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7
{'Octubre[m3/seg]'	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2
{'Noviembre[m3/seg]'	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56
{'Diciembre[m3/seg]'	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53

**1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1**

>>>>%QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida

Ingrese el porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado [%]: 15

**2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO 1**

**CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1:**

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom
{'Enero[m3/seg]'	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	37.994
{'Febrero[m3/seg]'	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	47.436
{'Marzo[m3/seg]'	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	43.178
{'Abril[m3/seg]'	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	33.816

{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	18.622
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	10.994
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	11.154
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	16.266
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	20.98
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	17.12
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	23.57
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	40.22

## CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qmin
{'Enero[m3/seg]'	}	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	24.13
{'Febrero[m3/seg]'	}	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	36.89
{'Marzo[m3/seg]'	}	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	37.14
{'Abril[m3/seg]'	}	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	30.19
{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	14.77
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	9.19
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	8.57
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	12.18
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	14.53
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	13.3
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	20.19
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	28.45

## CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QeReglamentado
{'Enero[m3/seg]'	}	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	37.994	5.6991
{'Febrero[m3/seg]'	}	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	47.436	7.1154

{'Marzo[m3/seg]'	}	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	43.178	6.4767
{'Abril[m3/seg]'	}	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	33.816	5.0724
{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	18.622	2.7933
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	10.994	1.6491
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	11.154	1.6731
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	16.266	2.4399
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	20.98	3.147
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	17.12	2.568
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	23.57	3.5355
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	40.22	6.033

## CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeDisponibleInicial
{'Enero[m3/seg]'	}	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	37.994	2.71	35.284
{'Febrero[m3/seg]'	}	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	47.436	2.71	44.726
{'Marzo[m3/seg]'	}	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	43.178	2.71	40.468
{'Abril[m3/seg]'	}	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	33.816	2.71	31.106
{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	18.622	2.71	15.912
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	10.994	2.71	8.284
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	11.154	2.71	8.444
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	16.266	2.71	13.556
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	20.98	2.71	18.27
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	17.12	2.71	14.41
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	23.57	2.71	20.86
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	40.22	2.71	37.51

## CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	QdProyecto	QeConstante
'Enero[m3/seg]'	}	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	2.71	0.4065
{'Febrero[m3/seg]'	}	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	2.71	0.4065
{'Marzo[m3/seg]'	}	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	2.71	0.4065
{'Abril[m3/seg]'	}	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	2.71	0.4065
{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	2.71	0.4065
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	2.71	0.4065
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	2.71	0.4065
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	2.71	0.4065
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	2.71	0.4065
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	2.71	0.4065
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	2.71	0.4065
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	2.71	0.4065

## CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeConstante	Vcf
'Enero[m3/seg]'	}	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	37.994	2.71	0.4065	2.3035
{'Febrero[m3/seg]'	}	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	47.436	2.71	0.4065	2.3035
{'Marzo[m3/seg]'	}	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	43.178	2.71	0.4065	2.3035
{'Abril[m3/seg]'	}	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	33.816	2.71	0.4065	2.3035
{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	18.622	2.71	0.4065	2.3035
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	10.994	2.71	0.4065	2.3035
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	11.154	2.71	0.4065	2.3035
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	16.266	2.71	0.4065	2.3035

{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	20.98	2.71	0.4065	2.3035
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	17.12	2.71	0.4065	2.3035
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	23.57	2.71	0.4065	2.3035
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	40.22	2.71	0.4065	2.3035

## CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses		Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeConstante	Vcf	QeDisponibleFinal
'Enero[m3/seg]'	}	24.27	47.2	47.95	46.42	24.13	37.994	2.71	0.4065	2.3035	35.691
{'Febrero[m3/seg]'	}	36.92	66.14	44.2	53.03	36.89	47.436	2.71	0.4065	2.3035	45.133
{'Marzo[m3/seg]'	}	37.14	56.2	42.79	41.2	38.56	43.178	2.71	0.4065	2.3035	40.874
{'Abril[m3/seg]'	}	31.97	36.83	35.79	34.3	30.19	33.816	2.71	0.4065	2.3035	31.512
{'Mayo[m3/seg]'	}	19.38	18.4	14.77	18.26	22.3	18.622	2.71	0.4065	2.3035	16.319
{'Junio[m3/seg]'	}	13.16	10.99	9.29	9.19	12.34	10.994	2.71	0.4065	2.3035	8.6905
{'Julio[m3/seg]'	}	14.44	8.57	9.16	9.0	14.6	11.154	2.71	0.4065	2.3035	8.8505
{'Agosto[m3/seg]'	}	19.85	12.18	16.46	16.14	16.7	16.266	2.71	0.4065	2.3035	13.962
{'Septiembre[m3/seg]'	}	17.86	17.92	14.91	14.53	18.7	20.98	2.71	0.4065	2.3035	18.677
{'Octubre[m3/seg]'	}	17.88	19.8	13.42	13.3	21.2	17.12	2.71	0.4065	2.3035	14.817
{'Noviembre[m3/seg]'	}	28.44	21.99	20.67	20.19	26.56	23.57	2.71	0.4065	2.3035	21.267
{'Diciembre[m3/seg]'	}	40.79	28.45	46.19	46.14	39.53	40.22	2.71	0.4065	2.3035	37.916

### 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS

Caudales	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
{'Qprom[m3/seg]'	37.994	47.436	43.178	33.816	18.622	10.994	11.154	16.266	20.98	17.12	23.57	40.22
{'Qmin[m3/seg]'	24.13	36.89	37.14	30.19	14.77	9.19	8.57	12.18	14.53	13.3	20.19	28.45
{'QeDisponibleInicial[m3/seg]'	35.284	44.726	40.468	31.106	15.912	8.284	8.444	13.556	18.27	14.41	20.86	37.51
{'QeReglamentado[m3/seg]'	5.6991	7.1154	6.4767	5.0724	2.7933	1.6491	1.6731	2.4399	3.147	2.568	3.5355	6.033
{'QeConstante[m3/seg]'	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065	0.4065
{'Vcf[m3/seg]'	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035	2.3035
{'Qd[m3/seg]'	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71
{'QeDisponibleFinal[m3/seg]'	35.691	45.133	40.874	31.512	16.319	8.6905	8.8505	13.962	18.677	14.817	21.267	37.916

#### **ESCENARIO DE POTENCIAS DE TURBINA:**

##### 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA

###### 1.1.-DATOS REQUERIDOS DE OTROS ESCENARIOS DE VALIDACION

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

20.034

Caudal final del proyecto por turbina , VCF en [m3/seg]:

2.3035

###### 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>Nt=88.77 [%] valor recomendado para la eficiencia de la turbina

Ingrese la eficiencia de la turbina Nt [%]: 88.77

>>>GAMAA=9.81 [kg/(m2\*s2)] valor recomendado para peso específico del agua

Ingrese el peso específico del agua "a"[kg/(m2\*s2)]: 9.81

##### 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Potencia final de la turbina [KW]:

401.8751



Ingrese la frecuencia del generador según su ubicación geográfica [%]: 60

2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

La potencia nominal del generador "Pg" :

391.1584

EL GENERADOR SELECCIONADO:

GENERADOR SINCRONO POLOS SALIENTES CON ESCOBILLAS

La Velocidad síncronica del generador "n" :

p	n
2	3600
4	1800
6	1200
8	900
10	720
12	600

La Velocidad específica de la turbina "ns" :

EL TIPO DE TURBINA A SELECCIONAR:

FRANCIS ULTRA VELOZ

n	ns
3600	1702.7
1800	851.35
1200	567.57
900	425.68
720	340.54
600	283.78

### 3.- RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Resumen de las características técnicas del generador:

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	401.8751	401.8751	401.8751	401.8751	401.8751	401.8751
Pg[KW]	391.1584	391.1584	391.1584	391.1584	391.1584	391.1584
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25
Vn[Voltios]	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480	4/265/277/380/40 0/415/416(x10)/4 40/460/480
ns[Adimensional]	1702.7	851.3507	567.5671	425.6753	340.5403	283.7836

## Anexo 5

Resultados obtenidos del software Matlab caso A MCH de Chuyapi.

### **ESCENARIO DE SALTOS:**

¿Para qué tipo de salto desea seleccionar el generador?

1<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hn" como dato requerido

2<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hb" como dato requerido

Elija una de los Casos : 1

#### 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGÍA:

1.1.- DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese la altura neta útil o salto neto en [m]: 46

#### 2.- PARÁMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

46

#### 3.- RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS:

DescripcionSaltos	Hn	Hliqf
{'Met. para selección del generador en una M.C.H tipo 1'}	46	46

### **ESCENARIO DE CAUDALES**

#### 1.-DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.-DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el caudal de diseño en [m3/seg], sin la inclusion del caudal ecologico en su dimencionamiento: 1.6

¿INGRESE EL HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES, SEGÚN LA CANTIDAD DE AÑOS A EVALUAR?

1 >> Evaluar caudales para 5 años

2 >> Evaluar caudales para 4 años

3 >> Evaluar caudales para 3 años

4 >> Evaluar caudales para 2 años

5 >> Evaluar caudales para 1 años

## ELIJA UNA DE LAS OPCIONES: 1

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : 8.89  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : 8.96  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : 7.41  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : 6.80  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : 6.67  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : 6.47  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : 5.86  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : 5.05  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : 5.52  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : 5.32  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : 6.40  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : 7.41  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : 8.22  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : 9.09  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : 8.15  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : 8.22  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : 5.79  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : 6.13  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : 5.66  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : 5.79  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : 6.40  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : 5.59  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : 7.68  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : 8.76  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : 6.80  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : 8.62  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : 6.94  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3cer año : 8.15  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3cer año : 7.41  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3cer año : 5.52

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3er año : 5.66  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3er año : 6.20  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3er año : 5.66  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3er año : 5.86  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3er año : 6.80  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3er año : 7.07  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 4to año : 8.35  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 4to año : 8.49  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 4to año : 7.75  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 4to año : 7.48  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 4to año : 6.40  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 4to año : 6.00  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 4to año : 5.46  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 4to año : 5.32  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 4to año : 5.73  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 4to año : 6.13  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 4to año : 7.41  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 4to año : 6.80  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 5to año : 9.09  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 5to año : 7.88  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 5to año : 7.48  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 5to año : 6.67  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 5to año : 5.32  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 5to año : 5.86  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 5to año : 5.59  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 5to año : 6.40  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 5to año : 5.66  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 5to año : 5.25  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 5to año : 5.73  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 5to año : 7.55  
HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4
{'Septiembre[m3/seg]'	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25
{'Noviembre[m3/seg]' }	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73
{'Diciembre[m3/seg]' }	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55

### 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>%QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida

Ingrese el porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado [%]: 15

### 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO 1

CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	8.27
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	8.608
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	7.546
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	7.464
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	6.318
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.996
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.646

{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.752
{'Septiembre[m3/seg]'}	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.794
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.63
{'Noviembre[m3/seg]' }	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	6.804
{'Diciembre[m3/seg]' }	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	7.518

## CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qmin
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	6.8
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	7.88
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	6.94
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	6.67
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	5.32
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.52
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.46
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.05
{'Septiembre[m3/seg]'}	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.52
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.25
{'Noviembre[m3/seg]' }	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	5.73
{'Diciembre[m3/seg]' }	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	6.8

## CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QeReglamentado
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	8.27	1.2405
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	8.608	1.2912
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	7.546	1.1319
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	7.464	1.1196

{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	6.318	0.9477
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.996	0.8994
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.646	0.8469
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.752	0.8628
{'Septiembre[m3/seg]'	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.794	0.8691
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.63	0.8445
{'Noviembre[m3/seg]'	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	6.804	1.0206
{'Diciembre[m3/seg]'	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	7.518	1.1277

## CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeDisponibleInicial
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	8.27	1.6	6.67
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	8.608	1.6	7.008
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	7.546	1.6	5.946
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	7.464	1.6	5.864
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	6.318	1.6	4.718
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.996	1.6	4.396
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.646	1.6	4.046
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.752	1.6	4.152
{'Septiembre[m3/seg]'	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.794	1.6	4.194
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.63	1.6	4.03
{'Noviembre[m3/seg]'	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	6.804	1.6	5.204
{'Diciembre[m3/seg]'	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	7.518	1.6	5.918

## CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	QdProyecto	QeConstante
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	1.6	0.24

{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	1.6	0.24
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	1.6	0.24
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	1.6	0.24
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	1.6	0.24
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	1.6	0.24
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	1.6	0.24
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	1.6	0.24
{'Septiembre[m3/seg]'	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	1.6	0.24
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	1.6	0.24
{'Noviembre[m3/seg]'	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	1.6	0.24
{'Diciembre[m3/seg]' }	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	1.6	0.24

## CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeConstante	Vcf
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	8.27	1.6	0.24	1.36
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	8.608	1.6	0.24	1.36
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	7.546	1.6	0.24	1.36
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	7.464	1.6	0.24	1.36
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	6.318	1.6	0.24	1.36
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.996	1.6	0.24	1.36
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.646	1.6	0.24	1.36
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.752	1.6	0.24	1.36
{'Septiembre[m3/seg]'	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.794	1.6	0.24	1.36
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.63	1.6	0.24	1.36
{'Noviembre[m3/seg]'	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	6.804	1.6	0.24	1.36
{'Diciembre[m3/seg]' }	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	7.518	1.6	0.24	1.36

## CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeConstante	Vcf	QeDisponibleFinal
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	8.27	1.6	0.24	1.36	6.91
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	8.608	1.6	0.24	1.36	7.248
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	7.546	1.6	0.24	1.36	6.186
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	7.464	1.6	0.24	1.36	6.104
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	6.318	1.6	0.24	1.36	4.958
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.996	1.6	0.24	1.36	4.636
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.646	1.6	0.24	1.36	4.286
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.752	1.6	0.24	1.36	4.392
{'Septiembre[m3/seg]'	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.794	1.6	0.24	1.36	4.434
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.63	1.6	0.24	1.36	4.27
{'Noviembre[m3/seg]' }	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	6.804	1.6	0.24	1.36	5.444
{'Diciembre[m3/seg]' }	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	7.518	1.6	0.24	1.36	6.158

## 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS

Caudales	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
{'Qprom[m3/seg]' }	8.27	8.608	7.546	7.464	6.318	5.996	5.646	5.752	5.794	5.63	6.804	7.518
{'Qmin[m3/seg]' }	6.8	7.88	6.94	6.67	5.32	5.52	5.46	5.05	5.52	5.25	5.73	6.8
{'QeDisponibleInicial[m3/seg]'	6.67	7.008	5.946	5.864	4.718	4.396	4.046	4.152	4.194	4.03	5.204	5.918
{'QeReglamentado[m3/seg]' }	1.2405	1.2912	1.1319	1.1196	0.9477	0.8994	0.8469	0.8628	0.8691	0.8445	1.0206	1.1277
{'QeConstante[m3/seg]' }	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
{'Vcf[m3/seg]' }	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
{'Qd[m3/seg]' }	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
{'QeDisponibleFinal[m3/seg]' }	6.91	7.248	6.186	6.104	4.958	4.636	4.286	4.392	4.434	4.27	5.444	6.158

**ESCENARIO DE POTENCIAS DE TURBINA:****1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA****1.1.-DATOS REQUERIDOS DE OTROS ESCENARIOS DE VALIDACION**

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

46

Caudal final del proyecto por turbina , VCF en [m3/seg]:

1.3600

**1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1**

>>>Nt=88.77 [%] valor recomendado para la eficiencia de la turbina

Ingrese la eficiencia de la turbina Nt [%]: 88.77

>>>GAMAa=9.81 [kg/(m2\*s2)] valor recomendado para peso especifico del agua

Ingrese el peso especifico del agua "a"[kg/(m2\*s2)]: 9.81

**2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1**

Potencia final de la turbina [KW]:

544.7936

**3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS:**

DescripcionPotenciasTurbinas	Hliqf	VCF	Nt	GAMAa	Pft
{'Met. para selección del generador en una M.C.H tipo 1'}	46	1.36	88.77	9.81	544.79



## GENERADOR SINCRONO POLOS SALIENTES CON ESCOBILLAS

La Velocidad síncronica del generador "n" :

p	n
—	——
2	3600
4	1800
6	1200
8	900
10	720
12	600

La Velocidad específica de la turbina "ns" :

EL TIPO DE TURBINA A SELECCIONAR:

FRANCIS VELOZ

n	ns
——	——
3600	701.41
1800	350.7
1200	233.8
900	175.35
720	140.28
600	116.9

### 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS:

Resumen de las características técnicas del generador :

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	544.7936	544.7936	544.7936	544.7936	544.7936	544.7936
Pg[KW]	530.2657	530.2657	530.2657	530.2657	530.2657	530.2657
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/208/220/ 230/240(x10)/254	190/200/208/220/ 230/240(x10)/254	190/200/208/220/ 230/240(x10)/254	190/200/208/220/ 230/240(x10)/254	190/200/208/220/ 230/240(x10)/254	190/200/208/220/ 230/240(x10)/254
	/265/277/380/400/ 415/416(x10)/440	/265/277/380/400/ 415/416(x10)/440	/265/277/380/400/ 415/416(x10)/440	/265/277/380/400/ 415/416(x10)/440	/265/277/380/400/ 415/416(x10)/440	/265/277/380/400/ 415/416(x10)/440
	/460/480	/460/480	/460/480	/460/480	/460/480	/460/480
ns[Adimensional]	701.4088	350.7044	233.802	175.3522	140.2818	116.9015

## Anexo 6

Resultados obtenidos del software Matlab caso B MCH de Chuyapi.

### **ESCENARIO DE SALTOS:**

¿Para que tipo de salto desea seleccionar el generador?

1<<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hn" como dato requerido

2<<<<<< Para una mini central de M.C.H.TIPO 1 que proporciona el "Hb" como dato requerido

Elija una de los Casos : 2

#### 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.- DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el salto bruto en [m]: 50

1.2.- VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>Hp%=4.60 [%] valor recomendado para aduanas en túneles o canales de aducción

>>>Hp%=3.00 [%] valor recomendado para casas de fuerza al pie de la represa

Ingrese las perdidas hidraulicas porcentuales Hp% en [%]: 4.60

#### 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

47.7000

#### 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS:

DescripcionSaltos	Hb	HpPorcentual	Hliqf
{'Met. para selección del generador en una M.C.H tipo 1'}	50	4.6	47.7

### **ESCENARIO DE CAUDALES**

#### 1.-DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA:

1.1.-DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Ingrese el caudal de diseño en [m3/seg], sin la inclusion del caudal ecologico en su dimencionamiento: 1.60

¿INGRESE EL HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES, SEGÚN LA CANTIDAD DE AÑOS A EVALUAR?

1 >> Evaluar caudales para 5 años

2 >> Evaluar caudales para 4 años

3 >> Evaluar caudales para 3 años

4 >> Evaluar caudales para 2 años

5 >> Evaluar caudales para 1 años

ELIJA UNA DE LAS OPCIONES: 1

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : 8.89

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : 8.96

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : 7.41

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : 6.80

Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : 6.67

Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : 6.47

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : 5.86

Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : 5.05

Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : 5.52

Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : 5.32

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : 6.40

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : 7.41

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : 8.22

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : 9.09

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : 8.15

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : 8.22

Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : 5.79

Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : 6.13

Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : 5.66

Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : 5.79

Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : 6.40

Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : 5.59

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : 7.68

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : 8.76

Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : 6.80

Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : 8.62

Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : 6.94

Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3er año : 8.15  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3er año : 7.41  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3er año : 5.52  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3er año : 5.66  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3er año : 6.20  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3er año : 5.66  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3er año : 5.86  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3er año : 6.80  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3er año : 7.07  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 4to año : 8.35  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 4to año : 8.49  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 4to año : 7.75  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 4to año : 7.48  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 4to año : 6.40  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 4to año : 6.00  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 4to año : 5.46  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 4to año : 5.32  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 4to año : 5.73  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 4to año : 6.13  
Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 4to año : 7.41  
Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 4to año : 6.80  
Ingresar el caudal del mes de Enero para el 5to año : 9.09  
Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 5to año : 7.88  
Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 5to año : 7.48  
Ingresar el caudal del mes de Abril para el 5to año : 6.67  
Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 5to año : 5.32  
Ingresar el caudal del mes de Junio para el 5to año : 5.86  
Ingresar el caudal del mes de Julio para el 5to año : 5.59  
Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 5to año : 6.40  
Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 5to año : 5.66  
Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 5to año : 5.25

Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 5to año : 5.73

Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 5to año : 7.55

HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4
{'Septiembre[m3/seg]' }	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25
{'Noviembre[m3/seg]' }	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73
{'Diciembre[m3/seg]' }	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55

1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>>%QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida

Ingrese el porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado [%]: 15

## 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO 1

### CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	8.27
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	8.608
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	7.546
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	7.464
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	6.318
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.996
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.646
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.752
{'Septiembre[m3/seg]' }	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.794
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.63
{'Noviembre[m3/seg]' }	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	6.804
{'Diciembre[m3/seg]' }	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	7.518

### CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qmin
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	6.8
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	7.88
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	6.94
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	6.67
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	5.32
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.52
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.46
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.05
{'Septiembre[m3/seg]' }	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.52

{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.25
{'Noviembre[m3/seg]' }	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	5.73
{'Diciembre[m3/seg]' }	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	6.8

## CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QeReglamentado
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	8.27	1.2405
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	8.608	1.2912
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	7.546	1.1319
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	7.464	1.1196
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	6.318	0.9477
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.996	0.8994
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.646	0.8469
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.752	0.8628
{'Septiembre[m3/seg]' }	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.794	0.8691
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.63	0.8445
{'Noviembre[m3/seg]' }	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	6.804	1.0206
{'Diciembre[m3/seg]' }	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	7.518	1.1277

## CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeDisponibleInicial
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	8.27	1.6	6.67
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	8.608	1.6	7.008
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	7.546	1.6	5.946
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	7.464	1.6	5.864
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	6.318	1.6	4.718
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.996	1.6	4.396

{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.646	1.6	4.046
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.752	1.6	4.152
{'Septiembre[m3/seg]'	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.794	1.6	4.194
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.63	1.6	4.03
{'Noviembre[m3/seg]'	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	6.804	1.6	5.204
{'Diciembre[m3/seg]'	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	7.518	1.6	5.918

## CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	QdProyecto	QeConstante
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	1.6	0.24
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	1.6	0.24
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	1.6	0.24
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	1.6	0.24
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	1.6	0.24
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	1.6	0.24
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	1.6	0.24
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	1.6	0.24
{'Septiembre[m3/seg]'	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	1.6	0.24
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	1.6	0.24
{'Noviembre[m3/seg]'	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	1.6	0.24
{'Diciembre[m3/seg]'	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	1.6	0.24

## CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeConstante	Vcf
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	8.27	1.6	0.24	1.36
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	8.608	1.6	0.24	1.36
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	7.546	1.6	0.24	1.36

{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	7.464	1.6	0.24	1.36
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	6.318	1.6	0.24	1.36
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.996	1.6	0.24	1.36
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.646	1.6	0.24	1.36
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.752	1.6	0.24	1.36
{'Septiembre[m3/seg]'	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.794	1.6	0.24	1.36
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.63	1.6	0.24	1.36
{'Noviembre[m3/seg]'	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	6.804	1.6	0.24	1.36
{'Diciembre[m3/seg]'	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	7.518	1.6	0.24	1.36

## CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1:

Meses	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Qprom	QdProyecto	QeConstante	Vcf	QeDisponibleFinal
{'Enero[m3/seg]' }	8.89	8.22	6.8	8.35	9.09	8.27	1.6	0.24	1.36	6.91
{'Febrero[m3/seg]' }	8.96	9.09	8.62	8.49	7.88	8.608	1.6	0.24	1.36	7.248
{'Marzo[m3/seg]' }	7.41	8.15	6.94	7.75	7.48	7.546	1.6	0.24	1.36	6.186
{'Abril[m3/seg]' }	6.8	8.22	8.15	7.48	6.67	7.464	1.6	0.24	1.36	6.104
{'Mayo[m3/seg]' }	6.67	5.79	7.41	6.4	5.32	6.318	1.6	0.24	1.36	4.958
{'Junio[m3/seg]' }	6.47	6.13	5.52	6	5.86	5.996	1.6	0.24	1.36	4.636
{'Julio[m3/seg]' }	5.86	5.66	5.66	5.46	5.59	5.646	1.6	0.24	1.36	4.286
{'Agosto[m3/seg]' }	5.05	5.79	6.2	5.32	6.4	5.752	1.6	0.24	1.36	4.392
{'Septiembre[m3/seg]'	5.52	6.4	5.66	5.73	5.66	5.794	1.6	0.24	1.36	4.434
{'Octubre[m3/seg]' }	5.32	5.59	5.86	6.13	5.25	5.63	1.6	0.24	1.36	4.27
{'Noviembre[m3/seg]'	6.4	7.68	6.8	7.41	5.73	6.804	1.6	0.24	1.36	5.444
{'Diciembre[m3/seg]'	7.41	8.76	7.07	6.8	7.55	7.518	1.6	0.24	1.36	6.158

### 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS

Caudales	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
{'Qprom[m3/seg]' }	8.27	8.608	7.546	7.464	6.318	5.996	5.646	5.752	7.2425	5.63	6.804	7.518
{'Qmin[m3/seg]' }	6.8	7.88	6.94	6.67	5.32	5.52	5.46	5.05	5.52	5.25	5.73	6.8
{'QeDisponibleInicial[m3/seg]}' }	6.67	7.008	5.946	5.864	4.718	4.396	4.046	4.152	5.6425	4.03	5.204	5.918
{'QeReglamentado[m3/seg]}' }	1.2405	1.2912	1.1319	1.1196	0.9477	0.8994	0.8469	0.8628	1.0864	0.8445	1.0206	1.1277
{'QeConstante[m3/seg]}' }	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
{'Vcf[m3/seg]}' }	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
{'Qd[m3/seg]}' }	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
{'QeDisponibleFinal[m3/seg]}' }	6.91	7.248	6.186	6.104	4.958	4.636	4.286	4.392	5.8825	4.27	5.444	6.158

#### ESCENARIO DE POTENCIAS DE TURBINA:

##### 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA

###### 1.1.-DATOS REQUERIDOS DE OTROS ESCENARIOS DE VALIDACION

Altura liquida final, Hliqf en [m]:

47.7000

Caudal final del proyecto por turbina , VCF en [m3/seg]:

1.3600

###### 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1

>>>Nt=88.77 [%] valor recomendado para la eficiencia de la turbina

Ingrese la eficiencia de la turbina Nt [%]: 88.77

>>>GAMAa=9.81 [kg/(m2\*s2)] valor recomendado para peso especifico del agua

Ingrese el peso especifico del agua "a"[kg/(m2\*s2)]: 9.81

##### 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

Potencia final de la turbina [KW]:

564.9272



Ingrese la frecuencia del generador segun su ubicacion geografica [%]: 60

2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1

La potencia nominal del generador "Pg" :

549.8625

EL GENERADOR SELECCIONADO:

GENERADOR SINCRONO POLOS SALIENTES CON ESCOBILLAS

La Velocidad síncronica del generador "n" :

p	n
—	——
2	3600
4	1800
6	1200
8	900
10	720
12	600

La Velocidad especifica de la turbina "ns" :

EL TIPO DE TURBINA A SELECCIONAR:

FRANCIS VELOZ

n	ns
——	——
3600	682.58
1800	341.29
1200	227.53
900	170.64
720	136.52
600	113.76

### 3.- RESUMEN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Resumen de las características técnicas del generador:

Parámetro	Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Generador 5	Generador 6
Pt[KW]	564.9272	564.9272	564.9272	564.9272	564.9272	564.9272
Pg[KW]	549.8625	549.8625	549.8625	549.8625	549.8625	549.8625
Ng[Adimensional]	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60	87.60
FP[Adimensional]	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
f[hertz]	60	60	60	60	60	60
p[Adimensional]	2	4	6	8	10	12
n[rpm]	3600	1800	1200	900	720	600
Vn[Voltios]	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25	190/200/208/220/ 230/240(x10)/25
	4/265/277/380/40	4/265/277/380/40	4/265/277/380/40	4/265/277/380/40	4/265/277/380/40	4/265/277/380/40
	0/415/416(x10)/4	0/415/416(x10)/4	0/415/416(x10)/4	0/415/416(x10)/4	0/415/416(x10)/4	0/415/416(x10)/4
	40/460/480	40/460/480	40/460/480	40/460/480	40/460/480	40/460/480
ns[Adimensional]	682.5756	341.2878	227.5252	170.6439	136.5151	113.7626

## Anexo 7

## Características técnicas grupo de generación Chuyapi.

GRUPO 01		
Características Técnicas Turbina		
Características	Valor	Unidad
Tipo :	Francis	-
Modelo :	-	-
Salto bruto :	50	m
Salto neto :	46	m
Potencia :	546	kW
Velocidad específica	234.06	
Velocidad Síncrona :	1200	RPM
Eficiencia :	88.97	%
Año :	2014 - 6	-
Caudal :	1.36	m <sup>3</sup> /s
Serie :	2014029	-
Peso :	4340	kg
Características del Generador		
Características	Valor	Unidad
Tipo :	Síncrono	-
Modelo :	-	-
Fase :	3	
Nivel de tensión :	4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión :	Y/ $\Delta$	-
Potencia :	500	kW
Factor de potencia :	0.8	-
Velocidad síncrona :	1800 / <b>1200</b>	RPM
Frecuencia :	60	Hz
Eficiencia :	90	%
Número de polos :	4/ <b>6</b>	-



## GRUPO 02

### Características Técnicas Turbina

Características	Valor	Unidad
Tipo :	Francis	-
Modelo :	HLA9040-WJ-45	-
Salto bruto :	50	m
Salto neto :	46	m
Potencia :	546	kW
Velocidad específica	234.06	
Velocidad Síncrona :	1200	RPM
Eficiencia :	88.97	%
Año :	2014 - 6	-
Caudal :	1.36	m <sup>3</sup> /s
Serie :	2014028	-
Peso :	4340	kg

### Características del Generador

Características	Valor	Unidad
Tipo :	Síncrono	-
Modelo :	82B50136A02007	-
Fase :	3	
Nivel de tensión :	4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión :	Y/ <b>Δ</b>	-
Potencia :	500	kW
Factor de potencia :	0.8	-
Velocidad Síncrona :	1800 / <b>1200</b>	RPM
Frecuencia :	60	Hz
Eficiencia :	90	%
Número de polos :	4/ <b>6</b>	-



### GRUPO 03

#### Características Técnicas Turbina

Características	Valor	Unidad
Tipo :	Francis	-
Modelo :	HL240-WJ-42	-
Salto bruto :	50	m
Salto neto :	46	m
Potencia :	566	kW
Velocidad específica :	238.31	rpm
Velocidad Síncrona :	1200	RPM
Eficiencia :	85.91	%
Año :	2008 - 8	-
Caudal :	1.46	m <sup>3</sup> /s
Serie :	-	-
Peso :	-	kg

#### Características del Generador

Características	Valor	Unidad
Tipo :	Síncrono	-
Modelo :	-	-
Fase :	3	-
Nivel de tensión :	4160/ <b>2400</b> - 87/ <b>150</b>	V / A
Tipo Conexión :	Y/ <b>Δ</b>	-
Potencia :	500	kW
Factor de potencia :	0.8	-
Velocidad Síncrona :	1800 / <b>1200</b>	RPM
Frecuencia :	60	Hz
Eficiencia :	90	%
Número de polos :	4/ <b>6</b>	-



Anexo 8

Tabla de mediciones por el método del flotador río Chuyapi.

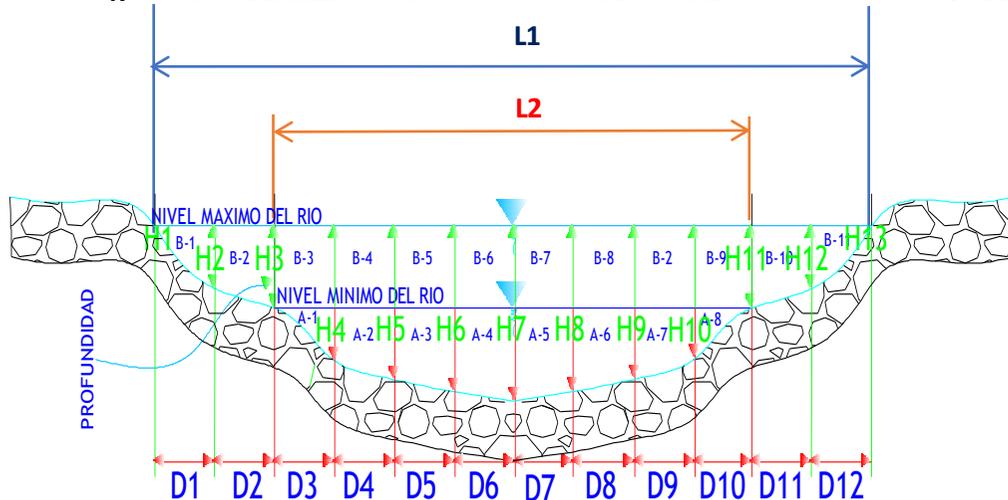
**AFORO CON FLOTADORES / RIO CHUYAPI**

Fecha: Oct-23  
 Equipo utilizado: Flotador de madera de sección cilíndrico.

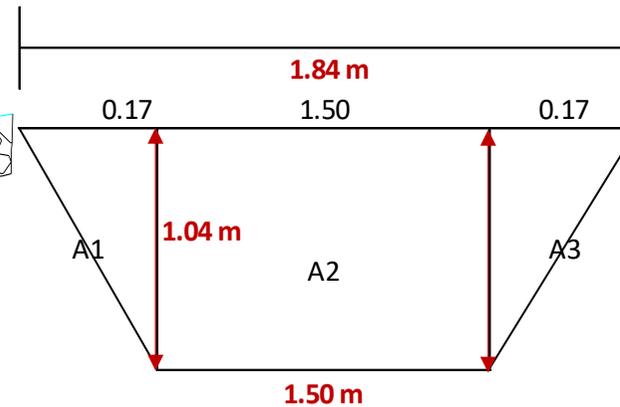
ESTACIÓN	RIO	COORDENADAS UTM	ALTURA (msnm)	ÁREA DE LA CUENCA (km2)	PERIODO DE REGISTRO	UBICACIÓN
-----	CHULLAPI	<b>748644.00E</b> <b>8575378.0N</b>	1742.70 m	2280.0 HECTÁREAS	Oct-23	BOCATOMA



**1.- PUNTO DE MEDICIÓN: CAPTACION DE CANAL MCH CHUYAPI - QUILLABAMBA**



**SECCION RIO CHULLAPI - QUILLABAMBA- AVENIDAS / ESTIAJES**



**SECCION CANAL DE CONDUCCION BOCATOMA CH**

A1 = 0.09 m2                      A2 = 1.56 m2                      A3 = 0.09 m2

AT = 1.74 m2

MES: OCTUBRE 2023

ITEM	MEDICIONES DE LONGITUDES				Tiempo en segundos t (s)	CALCULO ÁREA	CALCULO Velc.	CALCULO VELOCIDAD		CAUDAL PARCIAL
	Ancho total de espejo de agua (L1=m)	Distancia Horizontal (D <sub>n</sub> ) m	Distancia vertical (H <sub>n</sub> ) cm	Longitud Del Tramo (m) L(m)		Metros cuadrados A=(h1+h2)/2*D1	V. superficial (m/seg) V = L*t	coeficiente (0.60 - 0.85) ESHA f	Velocidad Media V <sub>med</sub> (m/s) V <sub>med</sub> =V*f	Caudal ( m3/s) Q=A*V <sub>med</sub>
1	1.84	0.23	1.04	10	2.57	1.74	3.89	0.75	2.92	5.07
2	1.84	0.23	1.04	10	2.73	1.74	3.66	0.75	2.75	4.77
3	1.84	0.23	1.04	10	2.99	1.74	3.35	0.75	2.51	4.36
4	1.84	0.23	1.04	10	2.68	1.74	3.73	0.75	2.80	4.85
5	1.84	0.23	1.04	10	2.61	1.74	3.84	0.75	2.88	5.00
6	1.84	0.23	1.04	10	2.54	1.74	3.94	0.75	2.95	5.13
7	1.84	0.23	1.04	10	2.61	1.74	3.84	0.75	2.88	5.00
8	1.84	0.23	1.04	10	2.59	1.74	3.86	0.75	2.90	5.03
9	1.84	0.23	1.04	10	2.98	1.74	3.35	0.75	2.51	4.37
10	1.84	0.23	1.04	10	2.79	1.74	3.59	0.75	2.69	4.67
								<b>Caudal promedio en m<sup>3</sup></b>		<b>4.83</b>
								<b>Caudal mínimo en m<sup>3</sup></b>		<b>4.36</b>
								<b>Caudal máximo en m<sup>3</sup></b>		<b>5.13</b>

**Anexo 9**

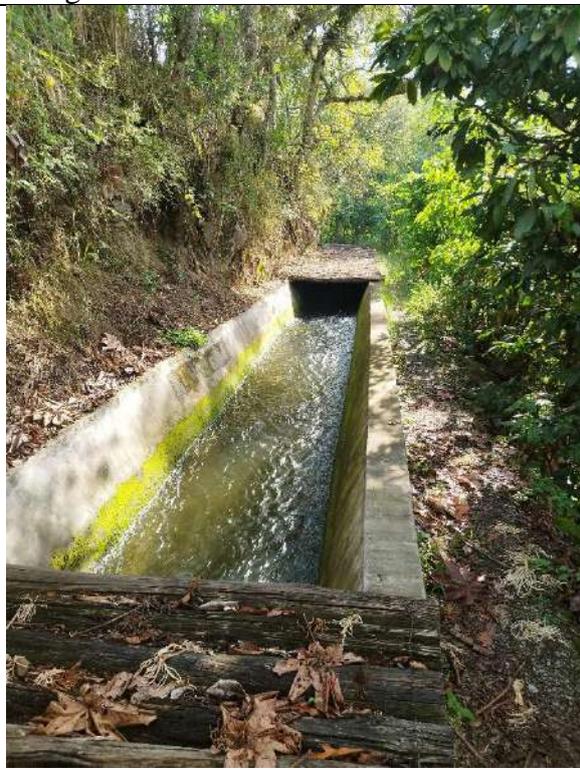
*Fotografías tomadas en la mini central Hidroeléctrica Chuyapi.*



Fotografía 01: Bocatoma



Fotografía 02: Desarenador



Fotografía 03: Canal de conducción



Fotografía 04: cámara de carga



Fotografía 05: Tubería forzada



Fotografía 06: Casa de máquinas



Fotografía 07: Grupo de generación



Fotografía 08: Tableros



Fotografía 09: Subestación



Fotografía 10: Central hidroeléctrica Chuyapi



```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp(' 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H
TIPO 1 ');
```

```
Hliqf=Hn;
```

```
disp(' Altura liquida final, Hliqf en [m]:')
```

```
disp(Hliqf)
```

```
DescripcionSaltos={'Met. para selecci3n del generador en una M.C.H tipo 1'};
```

```
ResultadosSaltos= table(DescripcionSaltos,Hn,Hliqf);
```

```
disp(' 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS: ');
```

```
disp(ResultadosSaltos);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp('ESCENARIO DE CAUDALES ');
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp(' 1.-DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA: ');
```

```
disp(' 1.1.-DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1 ');
```

```
Qd=input(' Ingrese el caudal de dise1o en [m3/seg], sin la inclusion del caudal
ecologico en su dimencionamiento: ');
```

```
Qd1=Qd;Qd2=Qd;Qd3=Qd;Qd4=Qd;Qd5=Qd;Qd6=Qd;Qd7=Qd;Qd8=Qd;Qd9=Qd;Q
d10=Qd;Qd11=Qd;Qd12=Qd;
```

```
QdProyecto=[Qd1;Qd2;Qd3;Qd4;Qd5;Qd6;Qd7;Qd8;Qd9;Qd10;Qd11;Qd12];
```

```

disp(' INGRESE EL HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES, SEGUN
LA CANTIDAD DE AÑOS A EVALUAR? ');
disp(' 1 >> Evaluar caudales para 1 años');
disp(' 2 >> Evaluar caudales para 2 años');
disp(' 3 >> Evaluar caudales para 3 años');
disp(' 4 >> Evaluar caudales para 4 años');
disp(' 5 >> Evaluar caudales para 5 años');
opcion3=input(' ELIJA UNA DE LAS OPCIONES: ');
disp(' INGRESE EL HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES, SEGUN
LA CANTIDAD DE AÑOS A EVALUAR? ');
disp(' 1 >> Ingresar Datos a mano');
disp(' 2 >> Valores por Default EDITE tablar EXCEL');
sel=input(' ELIJA UNA DE LAS OPCIONES: ');
switch opcion3
case 1
if(sel == 1)
ENE1=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : ');
FEB1=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : ');
MAR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : ');
ABR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : ');
MAY1=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : ');
JUN1=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : ');
JUL1=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : ');
AGO1=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : ');
SET1=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : ');
OCT1=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : ');
NOV1=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : ');
DIC1=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : ');

Year1=[ENE1;FEB1;MAR1;ABR1;MAY1;JUN1;JUL1;AGO1;SET1;OCT1;NOV1;DIC1
];

else

```

```

Year1 = Historial_Caudales(:,1);
end

Meses =
{'Enero[m3/seg]';'Febrero[m3/seg]';'Marzo[m3/seg]';'Abril[m3/seg]';'Mayo[m3/seg]';'J
unio[m3/seg]';'Julio[m3/seg]';'Agosto[m3/seg]';'Septiembre[m3/seg]';'Octubre[m3/seg]
';'Noviembre[m3/seg]';'Diciembre[m3/seg]'};

HistorialCaudales= table(Meses,Year1);

disp(' HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES: ');

disp(HistorialCaudales);

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');
disp(' >>>QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida ');

PorcentajeQeReglamentado=input(' Ingrese el porcentaje fijo para el caudal
ecológico reglamentado [%]: ');

disp(' 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO
1 ');

disp(' CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

P1=[((Year1(1))/1)];
P2=[((Year1(2))/1)];
P3=[((Year1(3))/1)];
P4=[((Year1(4))/1)];
P5=[((Year1(5))/1)];
P6=[((Year1(6))/1)];
P7=[((Year1(7))/1)];
P8=[((Year1(8))/1)];
P9=[((Year1(9))/1)];
P10=[((Year1(10))/1)];
P11=[((Year1(11))/1)];
P12=[((Year1(12))/1)];

```

```
Qprom= [P1;P2;P3;P4;P5;P6;P7;P8;P9;P10;P11;P12];
```

```
CaudalPromedio= table(Meses,Year1,Qprom);
```

```
disp(CaudalPromedio);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
MM1=Year1(1,:);
```

```
MM2=Year1(2,:);
```

```
MM3=Year1(3,:);
```

```
MM4=Year1(4,:);
```

```
MM5=Year1(5,:);
```

```
MM6=Year1(6,:);
```

```
MM7=Year1(7,:);
```

```
MM8=Year1(8,:);
```

```
MM9=Year1(9,:);
```

```
MM10=Year1(10,:);
```

```
MM11=Year1(11,:);
```

```
MM12=Year1(12,:);
```

```
M1=min(MM1(MM1~=0));
```

```
M2=min(MM2(MM2~=0));
```

```
M3=min(MM3(MM3~=0));
```

```
M4=min(MM4(MM4~=0));
```

```
M5=min(MM5(MM5~=0));
```

```
M6=min(MM6(MM6~=0));
```

```
M7=min(MM7(MM7~=0));
```

```
M8=min(MM8(MM8~=0));
```

```
M9=min(MM9(MM9~=0));
```

```
M10=min(MM10(MM10~=0));
```

```
M11=min(MM11(MM11~=0));
```

```
M12=min(MM12(MM12~=0));
```

```
Qmin=[M1;M2;M3;M4;M5;M6;M7;M8;M9;M10;M11;M12];
```

```
CaudalMinimo= table(Meses,Year1,Qmin);
```

```
disp(CaudalMinimo);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeReglamentado1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P1;
```

```
QeReglamentado2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P2;
```

```
QeReglamentado3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P3;
```

```
QeReglamentado4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P4;
```

```
QeReglamentado5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P5;
```

```
QeReglamentado6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P6;
```

```
QeReglamentado7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P7;
```

```
QeReglamentado8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P8;
```

```
QeReglamentado9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P9;
```

```
QeReglamentado10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P10;
```

```
QeReglamentado11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P11;
```

```
QeReglamentado12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P12;
```

```
QeReglamentado=[QeReglamentado1;QeReglamentado2;QeReglamentado3;QeReglamentado4;QeReglamentado5;QeReglamentado6;
```

```
QeReglamentado7;QeReglamentado8;QeReglamentado9;QeReglamentado10;QeReglamentado11;QeReglamentado12];
```

```
CaudalEcologicoReglamentado= table(Meses,Year1,Qprom,QeReglamentado);
```

```
disp(CaudalEcologicoReglamentado);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeDisponibleIniciall=P1-Qd;
```

QeDisponibleInicial2=P2-Qd;

QeDisponibleInicial3=P3-Qd;

QeDisponibleInicial4=P4-Qd;

QeDisponibleInicial5=P5-Qd;

QeDisponibleInicial6=P6-Qd;

QeDisponibleInicial7=P7-Qd;

QeDisponibleInicial8=P8-Qd;

QeDisponibleInicial9=P9-Qd;

QeDisponibleInicial10=P10-Qd;

QeDisponibleInicial11=P11-Qd;

QeDisponibleInicial12=P12-Qd;

QeDisponibleInicial=[QeDisponibleInicial1;QeDisponibleInicial2;QeDisponibleInicial3;  
QeDisponibleInicial4;

QeDisponibleInicial5;QeDisponibleInicial6;QeDisponibleInicial7;QeDisponibleInicial8;

QeDisponibleInicial9;QeDisponibleInicial10;QeDisponibleInicial11;QeDisponibleInicial12];

CaudalEcologicoDisponibleInicial=  
table(Meses,Year1,Qprom,QdProyecto,QeDisponibleInicial);

disp(CaudalEcologicoDisponibleInicial);

%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

QeConstante1=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd1;

QeConstante2=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd2;

QeConstante3=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd3;

QeConstante4=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd4;

QeConstante5=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd5;

QeConstante6=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd6;

QeConstante7=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd7;

$QeConstante8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd8;$

$QeConstante9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd9;$

$QeConstante10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd10;$

$QeConstante11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd11;$

$QeConstante12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd12;$

$QeConstante=[QeConstante1;QeConstante2;QeConstante3;QeConstante4;QeConstante5;QeConstante6;$

$QeConstante7;QeConstante8;QeConstante9;QeConstante10;QeConstante11;QeConstante12];$

$CaudalEcologicoReglamentado=$   
 $table(Meses,Year1,QdProyecto,QeConstante);$

$disp(CaudalEcologicoReglamentado);$

%%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%

$disp(' CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H$   
 $TIPO1: ');$

$Vcf1=Qd1-QeConstante1;$

$Vcf2=Qd2-QeConstante2;$

$Vcf3=Qd3-QeConstante3;$

$Vcf4=Qd4-QeConstante4;$

$Vcf5=Qd5-QeConstante5;$

$Vcf6=Qd6-QeConstante6;$

$Vcf7=Qd7-QeConstante7;$

$Vcf8=Qd8-QeConstante8;$

$Vcf9=Qd9-QeConstante9;$

$Vcf10=Qd10-QeConstante10;$

$Vcf11=Qd11-QeConstante11;$

$Vcf12=Qd12-QeConstante12;$

$Vcf=[Vcf1;Vcf2;Vcf3;Vcf4;Vcf5;Vcf6;Vcf7;Vcf8;Vcf9;Vcf10;Vcf11;Vcf12];$

$CaudalFinalDelProyectoPorTurbina=$   
 $table(Meses,Year1,Qprom,QdProyecto,QeConstante,Vcf);$

```
disp(CaudalFinalDelProyectoPorTurbina);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeDisponibleFinal1=P1-Vcf1;
```

```
QeDisponibleFinal2=P2-Vcf2;
```

```
QeDisponibleFinal3=P3-Vcf3;
```

```
QeDisponibleFinal4=P4-Vcf4;
```

```
QeDisponibleFinal5=P5-Vcf5;
```

```
QeDisponibleFinal6=P6-Vcf6;
```

```
QeDisponibleFinal7=P7-Vcf7;
```

```
QeDisponibleFinal8=P8-Vcf8;
```

```
QeDisponibleFinal9=P9-Vcf9;
```

```
QeDisponibleFinal10=P10-Vcf10;
```

```
QeDisponibleFinal11=P11-Vcf11;
```

```
QeDisponibleFinal12=P12-Vcf12;
```

```
QeDisponibleFinal=[QeDisponibleFinal1;QeDisponibleFinal2;QeDisponibleFinal3;Qe
DisponibleFinal4;
```

```
QeDisponibleFinal5;QeDisponibleFinal6;QeDisponibleFinal7;QeDisponibleFinal8;
```

```
QeDisponibleFinal9;QeDisponibleFinal10;QeDisponibleFinal11;QeDisponibleFinal12
];
```

```
CaudalDisponibleFinal=
table(Meses,Year1,Qprom,QdProyecto,QeConstante,Vcf,QeDisponibleFinal);
```

```
disp(CaudalDisponibleFinal);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp(' 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS ');
```

ENERO=[P1;M1;QeDisponibleInicial1;QeReglamentado1;QeConstante1;Vcf1;Qd1;QeDisponibleFinal1];

FEBRERO=[P2;M2;QeDisponibleInicial2;QeReglamentado2;QeConstante2;Vcf2;Qd2;QeDisponibleFinal2];

MARZO=[P3;M3;QeDisponibleInicial3;QeReglamentado3;QeConstante3;Vcf3;Qd3;QeDisponibleFinal3];

ABRIL=[P4;M4;QeDisponibleInicial4;QeReglamentado4;QeConstante4;Vcf4;Qd4;QeDisponibleFinal4];

MAYO=[P5;M5;QeDisponibleInicial5;QeReglamentado5;QeConstante5;Vcf5;Qd5;QeDisponibleFinal5];

JUNIO=[P6;M6;QeDisponibleInicial6;QeReglamentado6;QeConstante6;Vcf6;Qd6;QeDisponibleFinal6];

JULIO=[P7;M7;QeDisponibleInicial7;QeReglamentado7;QeConstante7;Vcf7;Qd7;QeDisponibleFinal7];

AGOSTO=[P8;M8;QeDisponibleInicial8;QeReglamentado8;QeConstante8;Vcf8;Qd8;QeDisponibleFinal8];

SETIEMBRE=[P9;M9;QeDisponibleInicial9;QeReglamentado9;QeConstante9;Vcf9;Qd9;QeDisponibleFinal9];

OCTUBRE=[P10;M10;QeDisponibleInicial10;QeReglamentado10;QeConstante10;Vcf10;Qd10;QeDisponibleFinal10];

NOVIEMBRE=[P11;M11;QeDisponibleInicial11;QeReglamentado11;QeConstante11;Vcf11;Qd11;QeDisponibleFinal11];

DICIEMBRE=[P12;M12;QeDisponibleInicial12;QeReglamentado12;QeConstante12;Vcf12;Qd12;QeDisponibleFinal12];

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

Caudales =

{'Qprom[m3/seg]';'Qmin[m3/seg]';'QeDisponibleInicial[m3/seg]';'QeReglamentado[m3/seg]';

'QeConstante[m3/seg]';'Vcf[m3/seg]';'Qd[m3/seg]';'QeDisponibleFinal[m3/seg]'};

ResultadosCaudales=

table(Caudales,ENERO,FEBRERO,MARZO,ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,SETIEMBRE,OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE);

disp(ResultadosCaudales);

plot(MES,Qprom,'r');

grid;

```

hold on
plot(MES,Qmin,'b');
plot(MES,QeReglamentado,'b');
plot(MES,QeDisponibleInicial,'black');
plot(MES,QeDisponibleFinal,'m');
xlabel('Meses')
ylabel(' [m3/seg]')

```

```

legend([plot(MES,Qprom,'r'),plot(MES,Qmin,'xb'),plot(MES,QeReglamentado,'g'),plot
(MES,QeDisponibleInicial,'black'),plot(MES,QeDisponibleFinal,'m')], ' Qprom', ' Qmin', '
QeReglamentado', ' QeDisponibleInicial', ' QeDisponibleFinal')

```

case 2

```

if(sel == 1)
ENE1=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : ');
FEB1=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : ');
MAR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : ');
ABR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : ');
MAY1=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : ');
JUN1=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : ');
JUL1=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : ');
AGO1=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : ');
SET1=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : ');
OCT1=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : ');
NOV1=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : ');
DIC1=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : ');

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

ENE2=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : ');
FEB2=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : ');
MAR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : ');
ABR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : ');

```

```

MAY2=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : ');
JUN2=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : ');
JUL2=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : ');
AGO2=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : ');
SET2=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : ');
OCT2=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : ');
NOV2=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : ');
DIC2=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : ');

Year1=[ENE1;FEB1;MAR1;ABR1;MAY1;JUN1;JUL1;AGO1;SET1;OCT1;NOV1;DIC1
];

Year2=[ENE2;FEB2;MAR2;ABR2;MAY2;JUN2;JUL2;AGO2;SET2;OCT2;NOV2;DIC2
];

YearFinal = [Year1 Year2];

else

YearFinal = Historial_Caudales(:,1:2);

end

Meses =
{'Enero[m3/seg]';'Febrero[m3/seg]';'Marzo[m3/seg]';'Abril[m3/seg]';'Mayo[m3/seg]';'J
unio[m3/seg]';'Julio[m3/seg]';'Agosto[m3/seg]';'Septiembre[m3/seg]';'Octubre[m3/seg]
';'Noviembre[m3/seg]';'Diciembre[m3/seg]'};

HistorialCaudales= table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2));

disp(' HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES: ');

disp(HistorialCaudales);

%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%

disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');

disp(' >>>QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida ');

PorcentajeQeReglamentado=input(' Ingrese el porcentaje fijo para el caudal
ecológico reglamentado [%]: ');

disp(' 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO
1 ');

```

```

disp(' CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
P1=[((sum(YearFinal(1,:)))/2)];
P2=[((sum(YearFinal(2,:)))/2)];
P3=[((sum(YearFinal(3,:)))/2)];
P4=[((sum(YearFinal(4,:)))/2)];
P5=[((sum(YearFinal(5,:)))/2)];
P6=[((sum(YearFinal(6,:)))/2)];
P7=[((sum(YearFinal(7,:)))/2)];
P8=[((sum(YearFinal(8,:)))/2)];
P9=[((sum(YearFinal(9,:)))/2)];
P10=[((sum(YearFinal(10,:)))/2)];
P11=[((sum(YearFinal(11,:)))/2)];
P12=[((sum(YearFinal(12,:)))/2)];
Qprom= [P1;P2;P3;P4;P5;P6;P7;P8;P9;P10;P11;P12];
CaudalPromedio= table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),Qprom);
disp(CaudalPromedio);

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

disp(' CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
MM1= YearFinal(1,:);
MM2= YearFinal(2,:);
MM3= YearFinal(3,:);
MM4= YearFinal(4,:);
MM5= YearFinal(5,:);
MM6= YearFinal(6,:);
MM7= YearFinal(7,:);
MM8= YearFinal(8,:);
MM9= YearFinal(9,:);
MM10= YearFinal(10,:);

```

```

MM11= YearFinal(11,:);
MM12= YearFinal(12,:);
M1=min(MM1(MM1~=0));
M2=min(MM2(MM2~=0));
M3=min(MM3(MM3~=0));
M4=min(MM4(MM4~=0));
M5=min(MM5(MM5~=0));
M6=min(MM6(MM6~=0));
M7=min(MM7(MM7~=0));
M8=min(MM8(MM8~=0));
M9=min(MM9(MM9~=0));
M10=min(MM10(MM10~=0));
M11=min(MM11(MM11~=0));
M12=min(MM12(MM12~=0));
Qmin=[M1;M2;M3;M4;M5;M6;M7;M8;M9;M10;M11;M12];
CaudalMinimo= table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),Qmin);
disp(CaudalMinimo);

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

disp(' CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
QeReglamentado1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P1;
QeReglamentado2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P2;
QeReglamentado3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P3;
QeReglamentado4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P4;
QeReglamentado5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P5;
QeReglamentado6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P6;
QeReglamentado7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P7;
QeReglamentado8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P8;
QeReglamentado9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P9;

```

$QeReglamentado10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P10;$

$QeReglamentado11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P11;$

$QeReglamentado12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P12;$

$QeReglamentado=[QeReglamentado1;QeReglamentado2;QeReglamentado3;QeReglamentado4;QeReglamentado5;QeReglamentado6;$

$QeReglamentado7;QeReglamentado8;QeReglamentado9;QeReglamentado10;QeReglamentado11;QeReglamentado12];$

$CaudalEcologicoReglamentado=$   
 $table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),Qprom,Qmin,QeReglamentado);$

$disp(CaudalEcologicoReglamentado);$

%%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%

$disp(' CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:$   
 $');$

$QeDisponibleInicial1=P1-Qd;$

$QeDisponibleInicial2=P2-Qd;$

$QeDisponibleInicial3=P3-Qd;$

$QeDisponibleInicial4=P4-Qd;$

$QeDisponibleInicial5=P5-Qd;$

$QeDisponibleInicial6=P6-Qd;$

$QeDisponibleInicial7=P7-Qd;$

$QeDisponibleInicial8=P8-Qd;$

$QeDisponibleInicial9=P9-Qd;$

$QeDisponibleInicial10=P10-Qd;$

$QeDisponibleInicial11=P11-Qd;$

$QeDisponibleInicial12=P12-Qd;$

$QeDisponibleInicial=[QeDisponibleInicial1;QeDisponibleInicial2;QeDisponibleInicial3;$   
 $QeDisponibleInicial4;$

$QeDisponibleInicial5;QeDisponibleInicial6;QeDisponibleInicial7;QeDisponibleInicial8;$



```
disp(' CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H
TIPO1: ');
```

```
Vcf1=Qd1-QeConstante1;
```

```
Vcf2=Qd2-QeConstante2;
```

```
Vcf3=Qd3-QeConstante3;
```

```
Vcf4=Qd4-QeConstante4;
```

```
Vcf5=Qd5-QeConstante5;
```

```
Vcf6=Qd6-QeConstante6;
```

```
Vcf7=Qd7-QeConstante7;
```

```
Vcf8=Qd8-QeConstante8;
```

```
Vcf9=Qd9-QeConstante9;
```

```
Vcf10=Qd10-QeConstante10;
```

```
Vcf11=Qd11-QeConstante11;
```

```
Vcf12=Qd12-QeConstante12;
```

```
Vcf=[Vcf1;Vcf2;Vcf3;Vcf4;Vcf5;Vcf6;Vcf7;Vcf8;Vcf9;Vcf10;Vcf11;Vcf12];
```

```
CaudalFinalDelProyectoPorTurbina=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),QdProyecto,QeConstante,Vcf);
```

```
disp(CaudalFinalDelProyectoPorTurbina);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeDisponibleFinal1=P1-Vcf1;
```

```
QeDisponibleFinal2=P2-Vcf2;
```

```
QeDisponibleFinal3=P3-Vcf3;
```

```
QeDisponibleFinal4=P4-Vcf4;
```

```
QeDisponibleFinal5=P5-Vcf5;
```

```
QeDisponibleFinal6=P6-Vcf6;
```

```
QeDisponibleFinal7=P7-Vcf7;
```

```
QeDisponibleFinal8=P8-Vcf8;
```

```
QeDisponibleFinal9=P9-Vcf9;
```

QeDisponibleFinal10=P10-Vcf10;

QeDisponibleFinal11=P11-Vcf11;

QeDisponibleFinal12=P12-Vcf12;

QeDisponibleFinal=[QeDisponibleFinal1;QeDisponibleFinal2;QeDisponibleFinal3;QeDisponibleFinal4;

QeDisponibleFinal5;QeDisponibleFinal6;QeDisponibleFinal7;QeDisponibleFinal8;

QeDisponibleFinal9;QeDisponibleFinal10;QeDisponibleFinal11;QeDisponibleFinal12];

CaudalDisponibleFinal=table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),Qprom,Vcf,QeDisponibleFinal);

disp(CaudalDisponibleFinal);

%%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%

disp(' 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS ');

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

ENERO=[P1;M1;QeDisponibleInicial1;QeReglamentado1;QeConstante1;Vcf1;Qd1;QeDisponibleFinal1];

FEBRERO=[P2;M2;QeDisponibleInicial2;QeReglamentado2;QeConstante2;Vcf2;Qd2;QeDisponibleFinal2];

MARZO=[P3;M3;QeDisponibleInicial3;QeReglamentado3;QeConstante3;Vcf3;Qd3;QeDisponibleFinal3];

ABRIL=[P4;M4;QeDisponibleInicial4;QeReglamentado4;QeConstante4;Vcf4;Qd4;QeDisponibleFinal4];

MAYO=[P5;M5;QeDisponibleInicial5;QeReglamentado5;QeConstante5;Vcf5;Qd5;QeDisponibleFinal5];

JUNIO=[P6;M6;QeDisponibleInicial6;QeReglamentado6;QeConstante6;Vcf6;Qd6;QeDisponibleFinal6];

JULIO=[P7;M7;QeDisponibleInicial7;QeReglamentado7;QeConstante7;Vcf7;Qd7;QeDisponibleFinal7];

AGOSTO=[P8;M8;QeDisponibleInicial8;QeReglamentado8;QeConstante8;Vcf8;Qd8;QeDisponibleFinal8];

SETIEMBRE=[P9;M9;QeDisponibleInicial9;QeReglamentado9;QeConstante9;Vcf9;Qd9;QeDisponibleFinal9];

```
OCTUBRE=[P10;M10;QeDisponibleInicial10;QeReglamentado10;QeConstante10;V
cf10;Qd10;QeDisponibleFinal10];
NOVIEMBRE=[P11;M11;QeDisponibleInicial11;QeReglamentado11;QeConstante11;
Vcf11;Qd11;QeDisponibleFinal11];
```

```
DICIEMBRE=[P12;M12;QeDisponibleInicial12;QeReglamentado12;QeConstante12;
Vcf12;Qd12;QeDisponibleFinal12];
```

```
Caudales =
{'Qprom[m3/seg]';'Qmin[m3/seg]';'QeDisponibleInicial[m3/seg]';'QeReglamentado[m3
/seg]';
```

```
'QeConstante[m3/seg]';'Vcf[m3/seg]';'Qd[m3/seg]';'QeDisponibleFinal[m3/seg]'};
```

```
MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];
```

```
ResultadosCaudales=
table(Caudales,ENERO,FEBRERO,MARZO,ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,
SETIEMBRE,OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE);
```

```
disp(ResultadosCaudales);
```

```
plot(MES,Qprom,'r');
```

```
grid;
```

```
hold on
```

```
plot(MES,Qmin,'b');
```

```
plot(MES,QeReglamentado,'b');
```

```
plot(MES,QeDisponibleInicial,'black');
```

```
plot(MES,QeDisponibleFinal,'m');
```

```
xlabel('Meses')
```

```
ylabel(' [m3/seg]')
```

```
legend([plot(MES,Qprom,'r'),plot(MES,Qmin,'xb'),plot(MES,QeReglamentado,'g'),plot
(MES,QeDisponibleInicial,'black'),plot(MES,QeDisponibleFinal,'m')], ' Qprom',' Qmin','
QeReglamentado',' QeDisponibleInicial',' QeDisponibleFinal')
```

```
case 3
```

```
if(sel == 1)
```

```
ENE1=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : ');
```

```
FEB1=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : ');
```

```
MAR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : ');
```

```
ABR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : ');
```

```
MAY1=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : ');
```

JUN1=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : ');  
 JUL1=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : ');  
 AGO1=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : ');  
 SET1=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : ');  
 OCT1=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : ');  
 NOV1=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : ');  
 DIC1=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : ');

%%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%

ENE2=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : ');  
 FEB2=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : ');  
 MAR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : ');  
 ABR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : ');  
 MAY2=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : ');  
 JUN2=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : ');  
 JUL2=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : ');  
 AGO2=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : ');  
 SET2=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : ');  
 OCT2=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : ');  
 NOV2=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : ');  
 DIC2=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : ');

%%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%

ENE3=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : ');  
 FEB3=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : ');  
 MAR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : ');  
 ABR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3cer año : ');  
 MAY3=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3cer año : ');  
 JUN3=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3cer año : ');  
 JUL3=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3cer año : ');

```

AGO3=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3cer año : ');
SET3=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3cer año : ');
OCT3=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3cer año : ');
NOV3=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3cer año : ');
DIC3=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3cer año : ');

Year1=[ENE1;FEB1;MAR1;ABR1;MAY1;JUN1;JUL1;AGO1;SET1;OCT1;NOV1;DIC1
];

Year2=[ENE2;FEB2;MAR2;ABR2;MAY2;JUN2;JUL2;AGO2;SET2;OCT2;NOV2;DIC2
];

Year3=[ENE3;FEB3;MAR3;ABR3;MAY3;JUN3;JUL3;AGO3;SET3;OCT3;NOV3;DIC3
];

YearFinal = [Year1 Year2 Year3];
else
YearFinal = Historial_Caudales(:,1:3);
end

Meses =
{'Enero[m3/seg]';'Febrero[m3/seg]';'Marzo[m3/seg]';'Abril[m3/seg]';'Mayo[m3/seg]';'J
unio[m3/seg]';'Julio[m3/seg]';'Agosto[m3/seg]';'Septiembre[m3/seg]';'Octubre[m3/seg]
';'Noviembre[m3/seg]';'Diciembre[m3/seg]'};

HistorialCaudales= table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3));
disp(' HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES: ');
disp(HistorialCaudales);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');
disp(' >>>QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida ');

PorcentajeQeReglamentado=input(' Ingrese el porcentaje fijo para el caudal
ecológico reglamentado [%]: ');

disp(' 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO
1 ');

```

```

disp(' CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
P1=[((sum(YearFinal(1,:)))/3)];
P2=[((sum(YearFinal(2,:)))/3)];
P3=[((sum(YearFinal(3,:)))/3)];
P4=[((sum(YearFinal(4,:)))/3)];
P5=[((sum(YearFinal(5,:)))/3)];
P6=[((sum(YearFinal(6,:)))/3)];
P7=[((sum(YearFinal(7,:)))/3)];
P8=[((sum(YearFinal(8,:)))/3)];
P9=[((sum(YearFinal(9,:)))/3)];
P10=[((sum(YearFinal(10,:)))/3)];
P11=[((sum(YearFinal(11,:)))/3)];
P12=[((sum(YearFinal(12,:)))/3)];
Qprom= [P1;P2;P3;P4;P5;P6;P7;P8;P9;P10;P11;P12];
CaudalPromedio=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),Qprom);
disp(CaudalPromedio);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp(' CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
MM1= YearFinal(1,:);
MM2= YearFinal(2,:);
MM3= YearFinal(3,:);
MM4= YearFinal(4,:);
MM5= YearFinal(5,:);
MM6= YearFinal(6,:);
MM7= YearFinal(7,:);
MM8= YearFinal(8,:);
MM9= YearFinal(9,:);
MM10= YearFinal(10,:);

```

```

MM11= YearFinal(11,:);
MM12= YearFinal(12,:);
M1=min(MM1(MM1~=0));
M2=min(MM2(MM2~=0));
M3=min(MM3(MM3~=0));
M4=min(MM4(MM4~=0));
M5=min(MM5(MM5~=0));
M6=min(MM6(MM6~=0));
M7=min(MM7(MM7~=0));
M8=min(MM8(MM8~=0));
M9=min(MM9(MM9~=0));
M10=min(MM10(MM10~=0));
M11=min(MM11(MM11~=0));
M12=min(MM12(MM12~=0));
Qmin=[M1;M2;M3;M4;M5;M6;M7;M8;M9;M10;M11;M12];
CaudalMinimo= table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),Qmin);
disp(CaudalMinimo);

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

disp(' CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
QeReglamentado1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P1;
QeReglamentado2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P2;
QeReglamentado3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P3;
QeReglamentado4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P4;
QeReglamentado5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P5;
QeReglamentado6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P6;
QeReglamentado7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P7;
QeReglamentado8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P8;
QeReglamentado9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P9;

```

QeReglamentado10=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*P10;

QeReglamentado11=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*P11;

QeReglamentado12=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*P12;

QeReglamentado=[QeReglamentado1;QeReglamentado2;QeReglamentado3;QeReglamentado4;QeReglamentado5;QeReglamentado6;

QeReglamentado7;QeReglamentado8;QeReglamentado9;QeReglamentado10;QeReglamentado11;QeReglamentado12];

CaudalEcologicoReglamentado=table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),Qprom,Qmin,QeReglamentado);

disp(CaudalEcologicoReglamentado);

%%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:');

QeDisponibleInicial1=P1-Qd;

QeDisponibleInicial2=P2-Qd;

QeDisponibleInicial3=P3-Qd;

QeDisponibleInicial4=P4-Qd;

QeDisponibleInicial5=P5-Qd;

QeDisponibleInicial6=P6-Qd;

QeDisponibleInicial7=P7-Qd;

QeDisponibleInicial8=P8-Qd;

QeDisponibleInicial9=P9-Qd;

QeDisponibleInicial10=P10-Qd;

QeDisponibleInicial11=P11-Qd;

QeDisponibleInicial12=P12-Qd;

QeDisponibleInicial=[QeDisponibleInicial1;QeDisponibleInicial2;QeDisponibleInicial3;QeDisponibleInicial4;

QeDisponibleInicial5;QeDisponibleInicial6;QeDisponibleInicial7;QeDisponibleInicial8;



```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H
TIPO1: ');
```

```
Vcf1=Qd1-QeConstante1;
```

```
Vcf2=Qd2-QeConstante2;
```

```
Vcf3=Qd3-QeConstante3;
```

```
Vcf4=Qd4-QeConstante4;
```

```
Vcf5=Qd5-QeConstante5;
```

```
Vcf6=Qd6-QeConstante6;
```

```
Vcf7=Qd7-QeConstante7;
```

```
Vcf8=Qd8-QeConstante8;
```

```
Vcf9=Qd9-QeConstante9;
```

```
Vcf10=Qd10-QeConstante10;
```

```
Vcf11=Qd11-QeConstante11;
```

```
Vcf12=Qd12-QeConstante12;
```

```
Vcf=[Vcf1;Vcf2;Vcf3;Vcf4;Vcf5;Vcf6;Vcf7;Vcf8;Vcf9;Vcf10;Vcf11;Vcf12];
```

```
CaudalFinalDelProyectoPorTurbina=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),QdProyecto,QeConstante,V
cf);
```

```
disp(CaudalFinalDelProyectoPorTurbina);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeDisponibleFinal1=P1-Vcf1;
```

```
QeDisponibleFinal2=P2-Vcf2;
```

```
QeDisponibleFinal3=P3-Vcf3;
```

```
QeDisponibleFinal4=P4-Vcf4;
```

```
QeDisponibleFinal5=P5-Vcf5;
```

```
QeDisponibleFinal6=P6-Vcf6;
```

```
QeDisponibleFinal7=P7-Vcf7;
```

QeDisponibleFinal8=P8-Vcf8;

QeDisponibleFinal9=P9-Vcf9;

QeDisponibleFinal10=P10-Vcf10;

QeDisponibleFinal11=P11-Vcf11;

QeDisponibleFinal12=P12-Vcf12;

QeDisponibleFinal=[QeDisponibleFinal1;QeDisponibleFinal2;QeDisponibleFinal3;QeDisponibleFinal4;

QeDisponibleFinal5;QeDisponibleFinal6;QeDisponibleFinal7;QeDisponibleFinal8;

QeDisponibleFinal9;QeDisponibleFinal10;QeDisponibleFinal11;QeDisponibleFinal12];

CaudalDisponibleFinal=table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),Qprom,Vcf,QeDisponibleFinal);

disp(CaudalDisponibleFinal);

%%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%

disp(' 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS ');

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

ENERO=[P1;M1;QeDisponibleInicial1;QeReglamentado1;QeConstante1;Vcf1;Qd1;QeDisponibleFinal1];

FEBRERO=[P2;M2;QeDisponibleInicial2;QeReglamentado2;QeConstante2;Vcf2;Qd2;QeDisponibleFinal2];

MARZO=[P3;M3;QeDisponibleInicial3;QeReglamentado3;QeConstante3;Vcf3;Qd3;QeDisponibleFinal3];

ABRIL=[P4;M4;QeDisponibleInicial4;QeReglamentado4;QeConstante4;Vcf4;Qd4;QeDisponibleFinal4];

MAYO=[P5;M5;QeDisponibleInicial5;QeReglamentado5;QeConstante5;Vcf5;Qd5;QeDisponibleFinal5];

JUNIO=[P6;M6;QeDisponibleInicial6;QeReglamentado6;QeConstante6;Vcf6;Qd6;QeDisponibleFinal6];

JULIO=[P7;M7;QeDisponibleInicial7;QeReglamentado7;QeConstante7;Vcf7;Qd7;QeDisponibleFinal7];

```
AGOSTO=[P8;M8;QeDisponibleInicial8;QeReglamentado8;QeConstante8;Vcf8;Qd8;
QeDisponibleFinal8];
```

```
SETIEMBRE=[P9;M9;QeDisponibleInicial9;QeReglamentado9;QeConstante9;Vcf9;
Qd9;QeDisponibleFinal9];
```

```
OCTUBRE=[P10;M10;QeDisponibleInicial10;QeReglamentado10;QeConstante10;V
cf10;Qd10;QeDisponibleFinal10];
```

```
NOVIEMBRE=[P11;M11;QeDisponibleInicial11;QeReglamentado11;QeConstante11;
Vcf11;Qd11;QeDisponibleFinal11];
```

```
DICIEMBRE=[P12;M12;QeDisponibleInicial12;QeReglamentado12;QeConstante12;
Vcf12;Qd12;QeDisponibleFinal12];
```

```
Caudales =
```

```
{'Qprom[m3/seg]';'Qmin[m3/seg]';'QeDisponibleInicial[m3/seg]';'QeReglamentado[m3
/seg]';
```

```
'QeConstante[m3/seg]';'Vcf[m3/seg]';'Qd[m3/seg]';'QeDisponibleFinal[m3/seg]'};
```

```
MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];
```

```
ResultadosCaudales=
```

```
table(Caudales,ENERO,FEBRERO,MARZO,ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,
SETIEMBRE,OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE);
```

```
disp(ResultadosCaudales);
```

```
plot(MES,Qprom,'r');
```

```
grid;
```

```
hold on
```

```
plot(MES,Qmin,'b');
```

```
plot(MES,QeReglamentado,'b');
```

```
plot(MES,QeDisponibleInicial,'black');
```

```
plot(MES,QeDisponibleFinal,'m');
```

```
xlabel('Meses')
```

```
ylabel(' [m3/seg]')
```

```
legend([plot(MES,Qprom,'r'),plot(MES,Qmin,'xb'),plot(MES,QeReglamentado,'g'),plot
(MES,QeDisponibleInicial,'black'),plot(MES,QeDisponibleFinal,'m')],' Qprom',' Qmin','
QeReglamentado',' QeDisponibleInicial',' QeDisponibleFinal')
```

```
case 4
```

```
if(sel == 1)
```

```
ENE1=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : ');
```

```

FEB1=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : ');
MAR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : ');
ABR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : ');
MAY1=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : ');
JUN1=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : ');
JUL1=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : ');
AGO1=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : ');
SET1=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : ');
OCT1=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : ');
NOV1=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : ');
DIC1=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : ');

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

ENE2=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : ');
FEB2=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : ');
MAR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : ');
ABR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : ');
MAY2=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : ');
JUN2=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : ');
JUL2=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : ');
AGO2=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : ');
SET2=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : ');
OCT2=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : ');
NOV2=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : ');
DIC2=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : ');

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

ENE3=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : ');
FEB3=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : ');

```

```

MAR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : ');
ABR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3cer año : ');
MAY3=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3cer año : ');
JUN3=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3cer año : ');
JUL3=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3cer año : ');
AGO3=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3cer año : ');
SET3=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3cer año : ');
OCT3=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3cer año : ');
NOV3=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3cer año : ');
DIC3=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3cer año : ');

```

```

%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%

```

```

ENE4=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 4to año : ');
FEB4=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 4to año : ');
MAR4=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 4to año : ');
ABR4=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 4to año : ');
MAY4=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 4to año : ');
JUN4=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 4to año : ');
JUL4=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 4to año : ');
AGO4=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 4to año : ');
SET4=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 4to año : ');
OCT4=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 4to año : ');
NOV4=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 4to año : ');
DIC4=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 4to año : ');

```

```

Year1=[ENE1;FEB1;MAR1;ABR1;MAY1;JUN1;JUL1;AGO1;SET1;OCT1;NOV1;DIC1
];

```

```

Year2=[ENE2;FEB2;MAR2;ABR2;MAY2;JUN2;JUL2;AGO2;SET2;OCT2;NOV2;DIC2
];

```

```

Year3=[ENE3;FEB3;MAR3;ABR3;MAY3;JUN3;JUL3;AGO3;SET3;OCT3;NOV3;DIC3
];

```

```
Year4=[ENE4;FEB4;MAR4;ABR4;MAY4;JUN4;JUL4;AGO4;SET4;OCT4;NOV4;DIC4];
```

```
YearFinal = [Year1 Year2 Year3 Year4];
```

```
else
```

```
YearFinal = Historial_Caudales(:,1:4);
```

```
end
```

```
Meses =
```

```
{'Enero[m3/seg]';'Febrero[m3/seg]';'Marzo[m3/seg]';'Abril[m3/seg]';'Mayo[m3/seg]';'Junio[m3/seg]';'Julio[m3/seg]';'Agosto[m3/seg]';'Septiembre[m3/seg]';'Octubre[m3/seg]';'Noviembre[m3/seg]';'Diciembre[m3/seg]'};
```

```
HistorialCaudales=
```

```
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4));
```

```
disp(' HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES: ');
```

```
disp(HistorialCaudales);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');
```

```
disp(' >>>QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida ');
```

```
PorcentajeQeReglamentado=input(' Ingrese el porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado [%]: ');
```

```
disp(' 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO 1 ');
```

```
disp(' CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
P1=[((sum(YearFinal(1,:)))/4)];
```

```
P2=[((sum(YearFinal(2,:)))/4)];
```

```
P3=[((sum(YearFinal(3,:)))/4)];
```

```
P4=[((sum(YearFinal(4,:)))/4)];
```

```
P5=[((sum(YearFinal(5,:)))/4)];
```

```
P6=[((sum(YearFinal(6,:)))/4)];
```

```
P7=[((sum(YearFinal(7,:)))/4)];
```

```
P8=[((sum(YearFinal(8,:)))/4)];
```

```

P9=[((sum(YearFinal(9,:)))/4)];
P10=[((sum(YearFinal(10,:)))/4)];
P11=[((sum(YearFinal(11,:)))/4)];
P12=[((sum(YearFinal(12,:)))/4)];
Qprom= [P1;P2;P3;P4;P5;P6;P7;P8;P9;P10;P11;P12];
CaudalPromedio=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),Qprom);
disp(CaudalPromedio);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp(' CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
MM1= YearFinal(1,:);
MM2= YearFinal(2,:);
MM3= YearFinal(3,:);
MM4= YearFinal(4,:);
MM5= YearFinal(5,:);
MM6= YearFinal(6,:);
MM7= YearFinal(7,:);
MM8= YearFinal(8,:);
MM9= YearFinal(9,:);
MM10= YearFinal(10,:);
MM11= YearFinal(11,:);
MM12= YearFinal(12,:);
M1=min(MM1(MM1~=0));
M2=min(MM2(MM2~=0));
M3=min(MM3(MM3~=0));
M4=min(MM4(MM4~=0));
M5=min(MM5(MM5~=0));
M6=min(MM6(MM6~=0));
M7=min(MM7(MM7~=0));

```

```

M8=min(MM8(MM8~=0));
M9=min(MM9(MM9~=0));
M10=min(MM10(MM10~=0));
M11=min(MM11(MM11~=0));
M12=min(MM12(MM12~=0));
Qmin=[M1;M2;M3;M4;M5;M6;M7;M8;M9;M10;M11;M12];
CaudalMinimo=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),Qmin);
disp(CaudalMinimo);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp(' CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
QeReglamentado1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P1;
QeReglamentado2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P2;
QeReglamentado3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P3;
QeReglamentado4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P4;
QeReglamentado5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P5;
QeReglamentado6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P6;
QeReglamentado7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P7;
QeReglamentado8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P8;
QeReglamentado9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P9;
QeReglamentado10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P10;
QeReglamentado11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P11;
QeReglamentado12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P12;
QeReglamentado=[QeReglamentado1;QeReglamentado2;QeReglamentado3;QeRe
glamentado4;QeReglamentado5;QeReglamentado6;
QeReglamentado7;QeReglamentado8;QeReglamentado9;QeReglamentado10;QeR
eglamentado11;QeReglamentado12];
CaudalEcologicoReglamentado=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),Qprom,Qmin,
QeReglamentado);

```

```

disp(CaudalEcologicoReglamentado);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:
');

QeDisponibleInicial1=P1-Qd;
QeDisponibleInicial2=P2-Qd;
QeDisponibleInicial3=P3-Qd;
QeDisponibleInicial4=P4-Qd;
QeDisponibleInicial5=P5-Qd;
QeDisponibleInicial6=P6-Qd;
QeDisponibleInicial7=P7-Qd;
QeDisponibleInicial8=P8-Qd;
QeDisponibleInicial9=P9-Qd;
QeDisponibleInicial10=P10-Qd;
QeDisponibleInicial11=P11-Qd;
QeDisponibleInicial12=P12-Qd;

QeDisponibleInicial=[QeDisponibleInicial1;QeDisponibleInicial2;QeDisponibleInicial3;
QeDisponibleInicial4;

QeDisponibleInicial5;QeDisponibleInicial6;QeDisponibleInicial7;QeDisponibleInicial8;
QeDisponibleInicial9;QeDisponibleInicial10;QeDisponibleInicial11;QeDisponibleInicial12];

CaudalEcologicoDisponibleInicial=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),Qprom,QdPro
yecto,QeDisponibleInicial);

disp(CaudalEcologicoDisponibleInicial);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL ECOLÓGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

QeConstante1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd1;

```

QeConstante2=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd2;

QeConstante3=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd3;

QeConstante4=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd4;

QeConstante5=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd5;

QeConstante6=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd6;

QeConstante7=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd7;

QeConstante8=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd8;

QeConstante9=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd9;

QeConstante10=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd10;

QeConstante11=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd11;

QeConstante12=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd12;

QeConstante=[QeConstante1;QeConstante2;QeConstante3;QeConstante4;QeConstante5;QeConstante6;

QeConstante7;QeConstante8;QeConstante9;QeConstante10;QeConstante11;QeConstante12];

CaudalEcologicoReglamentado=  
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),QdProyecto,QeConstante);

disp(CaudalEcologicoReglamentado);

%%  
%%  
%%  
%%

disp(' CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H  
TIPO1: ');

Vcf1=Qd1-QeConstante1;

Vcf2=Qd2-QeConstante2;

Vcf3=Qd3-QeConstante3;

Vcf4=Qd4-QeConstante4;

Vcf5=Qd5-QeConstante5;

Vcf6=Qd6-QeConstante6;

Vcf7=Qd7-QeConstante7;

Vcf8=Qd8-QeConstante8;

Vcf9=Qd9-QeConstante9;

Vcf10=Qd10-QeConstante10;

Vcf11=Qd11-QeConstante11;

Vcf12=Qd12-QeConstante12;

Vcf=[Vcf1;Vcf2;Vcf3;Vcf4;Vcf5;Vcf6;Vcf7;Vcf8;Vcf9;Vcf10;Vcf11;Vcf12];

CaudalFinalDelProyectoPorTurbina=  
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),QdProyecto,Q  
eConstante,Vcf);

disp(CaudalFinalDelProyectoPorTurbina);

%%  
%%  
%%  
%%

disp(' CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

QeDisponibleFinal1=P1-Vcf1;

QeDisponibleFinal2=P2-Vcf2;

QeDisponibleFinal3=P3-Vcf3;

QeDisponibleFinal4=P4-Vcf4;

QeDisponibleFinal5=P5-Vcf5;

QeDisponibleFinal6=P6-Vcf6;

QeDisponibleFinal7=P7-Vcf7;

QeDisponibleFinal8=P8-Vcf8;

QeDisponibleFinal9=P9-Vcf9;

QeDisponibleFinal10=P10-Vcf10;

QeDisponibleFinal11=P11-Vcf11;

QeDisponibleFinal12=P12-Vcf12;

QeDisponibleFinal=[QeDisponibleFinal1;QeDisponibleFinal2;QeDisponibleFinal3;Qe  
DisponibleFinal4;

QeDisponibleFinal5;QeDisponibleFinal6;QeDisponibleFinal7;QeDisponibleFinal8;

QeDisponibleFinal9;QeDisponibleFinal10;QeDisponibleFinal11;QeDisponibleFinal12  
];

```
CaudalDisponibleFinal=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),Qprom,Vcf,Qe
DisponibleFinal);
```

```
disp(CaudalDisponibleFinal);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS ');
```

```
MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];
```

```
ENERO=[P1;M1;QeDisponibleInicial1;QeReglamentado1;QeConstante1;Vcf1;Qd1;Q
eDisponibleFinal1];
```

```
FEBRERO=[P2;M2;QeDisponibleInicial2;QeReglamentado2;QeConstante2;Vcf2;Qd
2;QeDisponibleFinal2];
```

```
MARZO=[P3;M3;QeDisponibleInicial3;QeReglamentado3;QeConstante3;Vcf3;Qd3;
QeDisponibleFinal3];
```

```
ABRIL=[P4;M4;QeDisponibleInicial4;QeReglamentado4;QeConstante4;Vcf4;Qd4;Qe
DisponibleFinal4];
```

```
MAYO=[P5;M5;QeDisponibleInicial5;QeReglamentado5;QeConstante5;Vcf5;Qd5;Qe
DisponibleFinal5];
```

```
JUNIO=[P6;M6;QeDisponibleInicial6;QeReglamentado6;QeConstante6;Vcf6;Qd6;Qe
DisponibleFinal6];
```

```
JULIO=[P7;M7;QeDisponibleInicial7;QeReglamentado7;QeConstante7;Vcf7;Qd7;Qe
DisponibleFinal7];
```

```
AGOSTO=[P8;M8;QeDisponibleInicial8;QeReglamentado8;QeConstante8;Vcf8;Qd8;
QeDisponibleFinal8];
```

```
SETIEMBRE=[P9;M9;QeDisponibleInicial9;QeReglamentado9;QeConstante9;Vcf9;
Qd9;QeDisponibleFinal9];
```

```
OCTUBRE=[P10;M10;QeDisponibleInicial10;QeReglamentado10;QeConstante10;V
cf10;Qd10;QeDisponibleFinal10];
```

```
NOVIEMBRE=[P11;M11;QeDisponibleInicial11;QeReglamentado11;QeConstante11;
Vcf11;Qd11;QeDisponibleFinal11];
```

```
DICIEMBRE=[P12;M12;QeDisponibleInicial12;QeReglamentado12;QeConstante12;
Vcf12;Qd12;QeDisponibleFinal12];
```

```
Caudales =
{'Qprom[m3/seg]';'Qmin[m3/seg]';'QeDisponibleInicial[m3/seg]';'QeReglamentado[m3
/seg]';
```

```

'QeConstante[m3/seg]';'Vcf[m3/seg]';'Qd[m3/seg]';'QeDisponibleFinal[m3/seg]'};
MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

ResultadosCaudales=
table(Caudales,ENERO,FEBRERO,MARZO,ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,
SETIEMBRE,OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE);

disp(ResultadosCaudales);

plot(MES,Qprom,'r');

grid;

hold on

plot(MES,Qmin,'b');

plot(MES,QeReglamentado,'b');

plot(MES,QeDisponibleInicial,'black');

plot(MES,QeDisponibleFinal,'m');

xlabel('Meses')

ylabel(' [m3/seg]')

legend([plot(MES,Qprom,'r'),plot(MES,Qmin,'xb'),plot(MES,QeReglamentado,'g'),plot
(MES,QeDisponibleInicial,'black'),plot(MES,QeDisponibleFinal,'m')], ' Qprom', ' Qmin', '
QeReglamentado', ' QeDisponibleInicial', ' QeDisponibleFinal')

case 5

if(sel == 1)

ENE1=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : ');
FEB1=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : ');
MAR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : ');
ABR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : ');
MAY1=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : ');
JUN1=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : ');
JUL1=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : ');
AGO1=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : ');
SET1=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : ');
OCT1=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : ');
NOV1=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : ');
DIC1=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : ');

```

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

```
ENE2=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : ');
FEB2=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : ');
MAR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : ');
ABR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : ');
MAY2=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : ');
JUN2=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : ');
JUL2=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : ');
AGO2=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : ');
SET2=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : ');
OCT2=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : ');
NOV2=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : ');
DIC2=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : ');
```

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

```
ENE3=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : ');
FEB3=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : ');
MAR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : ');
ABR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3cer año : ');
MAY3=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3cer año : ');
JUN3=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3cer año : ');
JUL3=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3cer año : ');
AGO3=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3cer año : ');
SET3=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3cer año : ');
OCT3=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3cer año : ');
NOV3=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3cer año : ');
DIC3=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3cer año : ');
```

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

```
ENE4=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 4to año : ');
FEB4=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 4to año : ');
MAR4=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 4to año : ');
ABR4=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 4to año : ');
MAY4=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 4to año : ');
JUN4=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 4to año : ');
JUL4=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 4to año : ');
AGO4=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 4to año : ');
SET4=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 4to año : ');
OCT4=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 4to año : ');
NOV4=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 4to año : ');
DIC4=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 4to año : ');
```

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

```
ENE5=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 5to año : ');
FEB5=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 5to año : ');
MAR5=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 5to año : ');
ABR5=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 5to año : ');
MAY5=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 5to año : ');
JUN5=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 5to año : ');
JUL5=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 5to año : ');
AGO5=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 5to año : ');
SET5=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 5to año : ');
OCT5=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 5to año : ');
NOV5=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 5to año : ');
DIC5=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 5to año : ');
```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

Year1=[ENE1;FEB1;MAR1;ABR1;MAY1;JUN1;JUL1;AGO1;SET1;OCT1;NOV1;DIC1
];

```

```

Year2=[ENE2;FEB2;MAR2;ABR2;MAY2;JUN2;JUL2;AGO2;SET2;OCT2;NOV2;DIC2
];

```

```

Year3=[ENE3;FEB3;MAR3;ABR3;MAY3;JUN3;JUL3;AGO3;SET3;OCT3;NOV3;DIC3
];

```

```

Year4=[ENE4;FEB4;MAR4;ABR4;MAY4;JUN4;JUL4;AGO4;SET4;OCT4;NOV4;DIC4
];

```

```

Year5=[ENE5;FEB5;MAR5;ABR5;MAY5;JUN5;JUL5;AGO5;SET5;OCT5;NOV5;DIC5
];

```

```

    YearFinal = [Year1 Year2 Year3 Year4 Year5];

```

```

else

```

```

    YearFinal = Historial_Caudales(:,1:5);

```

```

end

```

```

    Meses =

```

```

{'Enero[m3/seg]';'Febrero[m3/seg]';'Marzo[m3/seg]';'Abril[m3/seg]';'Mayo[m3/seg]';'J
unio[m3/seg]';'Julio[m3/seg]';'Agosto[m3/seg]';'Septiembre[m3/seg]';'Octubre[m3/seg]
';'Noviembre[m3/seg]';'Diciembre[m3/seg]'};

```

```

    HistorialCaudales=

```

```

table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5))
;

```

```

    disp(' HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES: ');

```

```

    disp(HistorialCaudales);

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

    disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');

```

```

    disp(' >>>QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida ');

```

```

PorcentajeQeReglamentado=input(' Ingrese el porcentaje fijo para el caudal
ecológico reglamentado [%]: ');
disp(' 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO
1 ');
disp(' CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
P1=[((sum(YearFinal(1,:)))/5)];
P2=[((sum(YearFinal(2,:)))/5)];
P3=[((sum(YearFinal(3,:)))/5)];
P4=[((sum(YearFinal(4,:)))/5)];
P5=[((sum(YearFinal(5,:)))/5)];
P6=[((sum(YearFinal(6,:)))/5)];
P7=[((sum(YearFinal(7,:)))/5)];
P8=[((sum(YearFinal(8,:)))/5)];
P9=[((sum(YearFinal(9,:)))/4)];
P10=[((sum(YearFinal(10,:)))/5)];
P11=[((sum(YearFinal(11,:)))/5)];
P12=[((sum(YearFinal(12,:)))/5)];
Qprom= [P1;P2;P3;P4;P5;P6;P7;P8;P9;P10;P11;P12];
CaudalPromedio=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),
Qprom);
disp(CaudalPromedio);

%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
MM1= YearFinal(1,:);
MM2= YearFinal(2,:);
MM3= YearFinal(3,:);
MM4= YearFinal(4,:);
MM5= YearFinal(5,:);
MM6= YearFinal(6,:);

```

```

MM7= YearFinal(7,:);
MM8= YearFinal(8,:);
MM9= YearFinal(9,:);
MM10= YearFinal(10,:);
MM11= YearFinal(11,:);
MM12= YearFinal(12,:);
M1=min(MM1(MM1~=0));
M2=min(MM2(MM2~=0));
M3=min(MM3(MM3~=0));
M4=min(MM4(MM4~=0));
M5=min(MM5(MM5~=0));
M6=min(MM6(MM6~=0));
M7=min(MM7(MM7~=0));
M8=min(MM8(MM8~=0));
M9=min(MM9(MM9~=0));
M10=min(MM10(MM10~=0));
M11=min(MM11(MM11~=0));
M12=min(MM12(MM12~=0));
Qmin=[M1;M2;M3;M4;M5;M6;M7;M8;M9;M10;M11;M12];
CaudalMinimo=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),
Qmin);
disp(CaudalMinimo);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp(' CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
QeReglamentado1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P1;
QeReglamentado2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P2;
QeReglamentado3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P3;
QeReglamentado4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P4;

```

$QeReglamentado5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P5;$

$QeReglamentado6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P6;$

$QeReglamentado7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P7;$

$QeReglamentado8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P8;$

$QeReglamentado9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P9;$

$QeReglamentado10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P10;$

$QeReglamentado11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P11;$

$QeReglamentado12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P12;$

$QeReglamentado=[QeReglamentado1;QeReglamentado2;QeReglamentado3;QeReglamentado4;QeReglamentado5;QeReglamentado6;$

$QeReglamentado7;QeReglamentado8;QeReglamentado9;QeReglamentado10;QeReglamentado11;QeReglamentado12];$

$CaudalEcologicoReglamentado=$   
 $table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),$   
 $Qprom,Qmin,QeReglamentado);$

$disp(CaudalEcologicoReglamentado);$

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

$disp(' CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:$   
 $');$

$QeDisponibleInicial1=P1-Qd;$

$QeDisponibleInicial2=P2-Qd;$

$QeDisponibleInicial3=P3-Qd;$

$QeDisponibleInicial4=P4-Qd;$

$QeDisponibleInicial5=P5-Qd;$

$QeDisponibleInicial6=P6-Qd;$

$QeDisponibleInicial7=P7-Qd;$

$QeDisponibleInicial8=P8-Qd;$

$QeDisponibleInicial9=P9-Qd;$

$QeDisponibleInicial10=P10-Qd;$

$QeDisponibleInicial11=P11-Qd;$

QeDisponibleInicial12=P12-Qd;

QeDisponibleInicial=[QeDisponibleInicial1;QeDisponibleInicial2;QeDisponibleInicial3;  
QeDisponibleInicial4;

QeDisponibleInicial5;QeDisponibleInicial6;QeDisponibleInicial7;QeDisponibleInicial8;  
QeDisponibleInicial9;QeDisponibleInicial10;QeDisponibleInicial11;QeDisponibleInicial12];

CaudalEcologicoDisponibleInicial=  
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),  
Qprom,QdProyecto,QeDisponibleInicial);

disp(CaudalEcologicoDisponibleInicial);

%%%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

QeConstante1=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd1;

QeConstante2=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd2;

QeConstante3=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd3;

QeConstante4=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd4;

QeConstante5=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd5;

QeConstante6=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd6;

QeConstante7=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd7;

QeConstante8=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd8;

QeConstante9=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd9;

QeConstante10=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd10;

QeConstante11=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd11;

QeConstante12=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd12;

QeConstante=[QeConstante1;QeConstante2;QeConstante3;QeConstante4;QeConstante5;QeConstante6;

QeConstante7;QeConstante8;QeConstante9;QeConstante10;QeConstante11;QeConstante12];

CaudalEcologicoReglamentado=  
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),  
QdProyecto,QeConstante);

```
disp(CaudalEcologicoReglamentado);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H
TIPO1: ');
```

```
Vcf1=Qd1-QeConstante1;
```

```
Vcf2=Qd2-QeConstante2;
```

```
Vcf3=Qd3-QeConstante3;
```

```
Vcf4=Qd4-QeConstante4;
```

```
Vcf5=Qd5-QeConstante5;
```

```
Vcf6=Qd6-QeConstante6;
```

```
Vcf7=Qd7-QeConstante7;
```

```
Vcf8=Qd8-QeConstante8;
```

```
Vcf9=Qd9-QeConstante9;
```

```
Vcf10=Qd10-QeConstante10;
```

```
Vcf11=Qd11-QeConstante11;
```

```
Vcf12=Qd12-QeConstante12;
```

```
Vcf=[Vcf1;Vcf2;Vcf3;Vcf4;Vcf5;Vcf6;Vcf7;Vcf8;Vcf9;Vcf10;Vcf11;Vcf12];
```

```
CaudalFinalDelProyectoPorTurbina=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),
QdProyecto,QeConstante,Vcf);
```

```
disp(CaudalFinalDelProyectoPorTurbina);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeDisponibleFinal1=P1-Vcf1;
```

```
QeDisponibleFinal2=P2-Vcf2;
```

```
QeDisponibleFinal3=P3-Vcf3;
```

```
QeDisponibleFinal4=P4-Vcf4;
```

```
QeDisponibleFinal5=P5-Vcf5;
```

QeDisponibleFinal6=P6-Vcf6;

QeDisponibleFinal7=P7-Vcf7;

QeDisponibleFinal8=P8-Vcf8;

QeDisponibleFinal9=P9-Vcf9;

QeDisponibleFinal10=P10-Vcf10;

QeDisponibleFinal11=P11-Vcf11;

QeDisponibleFinal12=P12-Vcf12;

QeDisponibleFinal=[QeDisponibleFinal1;QeDisponibleFinal2;QeDisponibleFinal3;QeDisponibleFinal4;

QeDisponibleFinal5;QeDisponibleFinal6;QeDisponibleFinal7;QeDisponibleFinal8;

QeDisponibleFinal9;QeDisponibleFinal10;QeDisponibleFinal11;QeDisponibleFinal12];

CaudalDisponibleFinal=table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),Qprom,Vcf,QeDisponibleFinal);

disp(CaudalDisponibleFinal);

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

disp(' 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS ');

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

ENERO=[P1;M1;QeDisponibleInicial1;QeReglamentado1;QeConstante1;Vcf1;Qd1;QeDisponibleFinal1];

FEBRERO=[P2;M2;QeDisponibleInicial2;QeReglamentado2;QeConstante2;Vcf2;Qd2;QeDisponibleFinal2];

MARZO=[P3;M3;QeDisponibleInicial3;QeReglamentado3;QeConstante3;Vcf3;Qd3;QeDisponibleFinal3];

ABRIL=[P4;M4;QeDisponibleInicial4;QeReglamentado4;QeConstante4;Vcf4;Qd4;QeDisponibleFinal4];

MAYO=[P5;M5;QeDisponibleInicial5;QeReglamentado5;QeConstante5;Vcf5;Qd5;QeDisponibleFinal5];

JUNIO=[P6;M6;QeDisponibleInicial6;QeReglamentado6;QeConstante6;Vcf6;Qd6;QeDisponibleFinal6];

JULIO=[P7;M7;QeDisponibleInicial7;QeReglamentado7;QeConstante7;Vcf7;Qd7;QeDisponibleFinal7];

AGOSTO=[P8;M8;QeDisponibleInicial8;QeReglamentado8;QeConstante8;Vcf8;Qd8;QeDisponibleFinal8];

SETIEMBRE=[P9;M9;QeDisponibleInicial9;QeReglamentado9;QeConstante9;Vcf9;Qd9;QeDisponibleFinal9];

OCTUBRE=[P10;M10;QeDisponibleInicial10;QeReglamentado10;QeConstante10;Vcf10;Qd10;QeDisponibleFinal10];

NOVIEMBRE=[P11;M11;QeDisponibleInicial11;QeReglamentado11;QeConstante11;Vcf11;Qd11;QeDisponibleFinal11];

DICIEMBRE=[P12;M12;QeDisponibleInicial12;QeReglamentado12;QeConstante12;Vcf12;Qd12;QeDisponibleFinal12];

Caudales =  
{'Qprom[m3/seg]';'Qmin[m3/seg]';'QeDisponibleInicial[m3/seg]';'QeReglamentado[m3/seg]';

'QeConstante[m3/seg]';'Vcf[m3/seg]';'Qd[m3/seg]';'QeDisponibleFinal[m3/seg]'};

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

ResultadosCaudales=  
table(Caudales,ENERO,FEBRERO,MARZO,ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,SETIEMBRE,OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE);

disp(ResultadosCaudales);

plot(MES,Qprom,'r');

grid;

hold on

plot(MES,Qmin,'b');

plot(MES,QeReglamentado,'b');

plot(MES,QeDisponibleInicial,'black');

plot(MES,QeDisponibleFinal,'m');

xlabel('Meses')

ylabel(' [m3/seg]')

legend([plot(MES,Qprom,'r'),plot(MES,Qmin,'xb'),plot(MES,QeReglamentado,'g'),plot(MES,QeDisponibleInicial,'black'),plot(MES,QeDisponibleFinal,'m')],' Qprom',' Qmin',' QeReglamentado',' QeDisponibleInicial',' QeDisponibleFinal')

end

```

filename = 'testdata1.xlsx';

writetable(ResultadosCaudales,filename)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
ESCENARIO DE POTENCIAS DE TURBINAS
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp('ESCENARIO DE POTENCIAS DE TURBINA: ');

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA ');

disp(' 1.1.-DATOS REQUERIDOS DE OTROS ESCENARIOS DE VALIDACION
');

disp(' Altura liquida final, Hliqf en [m]:')

disp(Hliqf)

VCF=((Vcf1+Vcf2+Vcf3+Vcf4+Vcf5+Vcf6+Vcf7+Vcf8+Vcf9+Vcf10+Vcf11+Vcf12)/12)
;

disp(' Caudal final del proyecto por turbina , VCF en [m3/seg]:')

disp(VCF)

disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADADOS PARA UNA M.C.li TIPO 1 ');

disp(' >>>Nt=88.77 [%] valor recomendado para la eficiencia de la turbina ');

Nt=input(' Ingrese la eficiencia de la turbina Nt [%]: ');

disp(' >>>GAMAA=9.81 [kg/(m2*s2)] valor recomendado para peso especifico del
agua ');

GAMAA=input(' Ingrese el peso especifico del agua "?a"[kg/(m2*s2)]: ');

disp(' 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H
TIPO 1 ');

```

```
Pft=GAMAA*Hliqf*VCF*(Nt/100);
disp(' Potencia final de la turbina [KW]: ');
disp(Pft)
```

```
DescripcionPotenciasTurbinas={'Met. para selección del generador en una M.C.H
tipo 1'};
```

```
ResultadosPotenciaTurbina=
table(DescripcionPotenciasTurbinas,Hliqf,VCF,Nt,GAMAA,Pft);
```

```
disp(' 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS: ');
```

```
disp(ResultadosPotenciaTurbina);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Escenario de características técnicas
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp('ESCENARIO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS : ');
```

```
disp(' 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA ');
```

```
disp(' 1.1.-DATOS REQUERIDOS DE OTROS ESCENARIOS DE VALIDACION
');
```

```
disp(' Altura liquida final, Hliqf en [m]:')
```

```
disp(Hliqf)
```

```
disp(' Potencia final de la turbina [KW]: ');
```

```
disp(Pft)
```

```
disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');
```

```
disp(' >>>>>>Ng=87.6 [%] Eficiencia del generador recomendado para todo
generador sincrónico<<<<<<< ');
```

```
Ng=input(' Ingrese la eficiencia del Generador [%]: ');
```

```
disp(' >>>>>>FP=0.9 [%] Factor de potencia recomendado para todo
generador sincrónico en un sistema aislado<<<<<<< ');
```

```

disp(' >>>>>>>>FP=0.9 [%] Factor de potencia recomendado para todo
generador sincrónico en un sistema interconectado<<<<<<<<< ');
FP=input(' Ingrese el factor de potencia del generador [%]: ');
disp(' >>>>>>>>n= 2 / 4 / 6 / 8 / 10 / 12 [pares] número de polos recomendados
para un generador sincrónico<<<<<<<<< ');
p1=input(' Ingrese el primer número de polos recomendado : ');
p2=input(' Ingrese el segundo número de polos recomendado : ');
p3=input(' Ingrese el tercer número de polos recomendado : ');
p4=input(' Ingrese el cuarto número de polos recomendado : ');
p5=input(' Ingrese el quinto número de polos recomendado : ');
p6=input(' Ingrese el sexto número de polos recomendado : ');
disp(' Tensión nominal del generador ');

Vn={'190/200/208/220/230/240(x10)/254/265/277/380/400/415/416(x10)/440/460/48
0'};
disp(Vn);

disp(' >>>>f=50/60 [Hertz] frecuencia de generador sincrónico recomendado según
la ubicación geográfica de la mini central ');
f=input(' Ingrese la frecuencia del generador según su ubicación geográfica [%]: ');
disp(' 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H
TIPO 1 ');
Pg=Pft*(Ng/(FP*100));
disp(' La potencia nominal del generador "Pg" : ');
disp(Pg)
disp('EL GENERADOR SELECCIONADO :')
if(Pg<50)
    disp('GENERADOR DE INDUCCION O SIN ESCOBILLAS')
elseif(50<= Pg) <=500
    disp('GENERADOR SINCRONO POLOS SALIENTES CON ESCOBILLAS')
else
    disp('GENERADOR SINCRONO CON O SIN ESCOBILLAS')
end

```

```

p=[p1;p2;p3;p4;p5;p6];
n1=120*(f/p1);
n2=120*(f/p2);
n3=120*(f/p3);
n4=120*(f/p4);
n5=120*(f/p5);
n6=120*(f/p6);
disp(' La Velocidad síncronica del generador "n" : ');
n=[n1;n2;n3;n4;n5;n6];
VelocidadSincronica= table(p,n);
disp(VelocidadSincronica);
disp(' La Velocidad especifica de la turbina "ns" : ');
ns1=((n1*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
ns2=((n2*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
ns3=((n3*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
ns4=((n4*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
ns5=((n5*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
ns6=((n6*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
disp('EL TIPO DE TURBINA A SELECCIONAR :')
if(200<= ns3)<=300
    disp('FRANCIS VELOZ')
elseif(300<= ns)<=450
    disp('FRANCIS UTRAVELOZ')
elseif(120<= ns)<=200
    disp('FRANCIS MEDIA')
elseif(70<= ns)<=120
    disp('FRANCIS LENTA')
elseif (55<= ns) <=70
    disp('FRANCIS LENTISIMA')
else

```

```

disp('TURBINA FRANCIS')
end
ns=[ns1;ns2;ns3;ns4;ns5;ns6];
VelocidadSincronica= table(n,ns);
disp(VelocidadSincronica);
disp(' 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS: ');
Parametros={'Pt[KW]';'Pg[KW]';'Ng[Adimencional]';'FP[Adimencional]';'f[hertz]';'p[Adi
mencional]';'n[rpm]';'Vn[Voltios]';'ns[rpm]'};
Generador1=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p1;n1;Vn;ns1];
Generador2=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p2;n2;Vn;ns2];
Generador3=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p3;n3;Vn;ns3];
Generador4=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p4;n4;Vn;ns4];
Generador5=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p5;n5;Vn;ns5];
Generador6=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p6;n6;Vn;ns6];
Resultados=
table(Parametros,Generador1,Generador2,Generador3,Generador4,Generador5,Ge
nerador6);
disp(' Resumen de las características técnicas del generador : ');
disp(Resultados);
filename = 'testdata2.xlsx';
writetable(Resultados,filename)

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

case 2
disp(' 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA: ');
disp(' 1.1.- DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1 ');
Hb=input(' Ingrese el salto bruto en [m]: ');
disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');

```

disp(' >>>Hp%=4.60 [%] valor recomendado para aduanas en túneles o canales de aducción ');

disp(' >>>Hp%=3.00 [%] valor recomendado para casas de fuerza al pie de la represa ');

HpPorcentual=input(' Ingrese las perdidas hidraulicas porcentuales Hp% en [%]: ');

disp(' 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1 ');

Hliqf=Hb-(HpPorcentual\*Hb/100);

disp(' Altura liquida final, Hliqf en [m]:')

disp(Hliqf)

DescripcionSaltos={'Met. para selección del generador en una M.C.H tipo 1'};

ResultadosSaltos= table(DescripcionSaltos,Hb,HpPorcentual,Hliqf);

disp(' 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS: ');

disp(ResultadosSaltos);

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

%%  
 %%%%%%%%%%%%%%%%% ESCENARIO DE CUDALES  
 %%%  
 %%%

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

disp('ESCENARIO DE CAUDALES ');

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

disp(' 1.-DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA: ');

disp(' 1.1.-DATO REQUERIDOS DE UNA MINI CENTRAL M.C.H TIPO 1 ');

Qd=input(' Ingrese el caudal de diseño en [m3/seg], sin la inclusion del caudal ecologico en su dimencionamiento: ');

```
Qd1=Qd;Qd2=Qd;Qd3=Qd;Qd4=Qd;Qd5=Qd;Qd6=Qd;Qd7=Qd;Qd8=Qd;Qd9=Qd;Qd10=Qd;Qd11=Qd;Qd12=Qd;
```

```
QdProyecto=[Qd1;Qd2;Qd3;Qd4;Qd5;Qd6;Qd7;Qd8;Qd9;Qd10;Qd11;Qd12];
```

```
disp(' INGRESE EL HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES, SEGUN LA CANTIDAD DE AÑOS A EVALUAR? ');
```

```
disp(' 1 >> Evaluar caudales para 1 años');
```

```
disp(' 2 >> Evaluar caudales para 2 años');
```

```
disp(' 3 >> Evaluar caudales para 3 años');
```

```
disp(' 4 >> Evaluar caudales para 4 años');
```

```
disp(' 5 >> Evaluar caudales para 5 años');
```

```
opcion3=input(' ELIJA UNA DE LAS OPCIONES: ');
```

```
disp(' INGRESE EL HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES, SEGUN LA CANTIDAD DE AÑOS A EVALUAR? ');
```

```
disp(' 1 >> Ingresar Datos a mano');
```

```
disp(' 2 >> Valores por Default EDITE tablar EXCEL');
```

```
sel=input(' ELIJA UNA DE LAS OPCIONES: ');
```

```
switch opcion3
```

```
case 1
```

```
if(sel == 1)
```

```
ENE1=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : ');
```

```
FEB1=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : ');
```

```
MAR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : ');
```

```
ABR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : ');
```

```
MAY1=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : ');
```

```
JUN1=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : ');
```

```
JUL1=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : ');
```

```
AGO1=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : ');
```

```
SET1=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : ');
```

```
OCT1=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : ');
```

```
NOV1=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : ');
```

```
DIC1=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : ');
```

```

Year1=[ENE1;FEB1;MAR1;ABR1;MAY1;JUN1;JUL1;AGO1;SET1;OCT1;NOV1;DIC1
];

else
    Year1 = Historial_Caudales(:,1);
end

Meses =
{'Enero[m3/seg]';'Febrero[m3/seg]';'Marzo[m3/seg]';'Abril[m3/seg]';'Mayo[m3/seg]';'J
unio[m3/seg]';'Julio[m3/seg]';'Agosto[m3/seg]';'Septiembre[m3/seg]';'Octubre[m3/seg]
';'Noviembre[m3/seg]';'Diciembre[m3/seg]'};

HistorialCaudales= table(Meses,Year1);

disp(' HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES: ');

disp(HistorialCaudales);

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');

disp(' >>>%QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida ');

PorcentajeQeReglamentado=input(' Ingrese el porcentaje fijo para el caudal
ecológico reglamentado [%]: ');

disp(' 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO
1 ');

disp(' CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

P1=[((Year1(1))/1)];
P2=[((Year1(2))/1)];
P3=[((Year1(3))/1)];
P4=[((Year1(4))/1)];
P5=[((Year1(5))/1)];
P6=[((Year1(6))/1)];
P7=[((Year1(7))/1)];
P8=[((Year1(8))/1)];
P9=[((Year1(9))/1)];
P10=[((Year1(10))/1)];

```

```

P11=[((Year1(11))/1)];
P12=[((Year1(12))/1)];
Qprom= [P1;P2;P3;P4;P5;P6;P7;P8;P9;P10;P11;P12];
CaudalPromedio= table(Meses,Year1,Qprom);
disp(CaudalPromedio);

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

disp(' CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

```

```

MM1=Year1(1,:);
MM2=Year1(2,:);
MM3=Year1(3,:);
MM4=Year1(4,:);
MM5=Year1(5,:);
MM6=Year1(6,:);
MM7=Year1(7,:);
MM8=Year1(8,:);
MM9=Year1(9,:);
MM10=Year1(10,:);
MM11=Year1(11,:);
MM12=Year1(12,:);
M1=min(MM1(MM1~=0));
M2=min(MM2(MM2~=0));
M3=min(MM3(MM3~=0));
M4=min(MM4(MM4~=0));
M5=min(MM5(MM5~=0));
M6=min(MM6(MM6~=0));
M7=min(MM7(MM7~=0));
M8=min(MM8(MM8~=0));
M9=min(MM9(MM9~=0));

```



```
disp(' CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeDisponibleInicial1=P1-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial2=P2-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial3=P3-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial4=P4-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial5=P5-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial6=P6-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial7=P7-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial8=P8-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial9=P9-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial10=P10-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial11=P11-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial12=P12-Qd;
```

```
QeDisponibleInicial=[QeDisponibleInicial1;QeDisponibleInicial2;QeDisponibleInicial3;QeDisponibleInicial4;
```

```
QeDisponibleInicial5;QeDisponibleInicial6;QeDisponibleInicial7;QeDisponibleInicial8;
```

```
QeDisponibleInicial9;QeDisponibleInicial10;QeDisponibleInicial11;QeDisponibleInicial12];
```

```
CaudalEcologicoDisponibleInicial=table(Meses,Year1,Qprom,QdProyecto,QeDisponibleInicial);
```

```
disp(CaudalEcologicoDisponibleInicial);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeConstante1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd1;
```

```
QeConstante2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd2;
```

```
QeConstante3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd3;
```

```
QeConstante4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd4;
```

```
QeConstante5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd5;
```

QeConstante6=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd6;

QeConstante7=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd7;

QeConstante8=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd8;

QeConstante9=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd9;

QeConstante10=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd10;

QeConstante11=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd11;

QeConstante12=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd12;

QeConstante=[QeConstante1;QeConstante2;QeConstante3;QeConstante4;QeConstante5;QeConstante6;

QeConstante7;QeConstante8;QeConstante9;QeConstante10;QeConstante11;QeConstante12];

CaudalEcologicoReglamentado=table(Meses,Year1,QdProyecto,QeConstante);

disp(CaudalEcologicoReglamentado);

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

disp(' CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

Vcf1=Qd1-QeConstante1;

Vcf2=Qd2-QeConstante2;

Vcf3=Qd3-QeConstante3;

Vcf4=Qd4-QeConstante4;

Vcf5=Qd5-QeConstante5;

Vcf6=Qd6-QeConstante6;

Vcf7=Qd7-QeConstante7;

Vcf8=Qd8-QeConstante8;

Vcf9=Qd9-QeConstante9;

Vcf10=Qd10-QeConstante10;

Vcf11=Qd11-QeConstante11;

Vcf12=Qd12-QeConstante12;

Vcf=[Vcf1;Vcf2;Vcf3;Vcf4;Vcf5;Vcf6;Vcf7;Vcf8;Vcf9;Vcf10;Vcf11;Vcf12];

```

CaudalFinalDelProyectoPorTurbina=
table(Meses,Year1,Qprom,QdProyecto,QeConstante,Vcf);

disp(CaudalFinalDelProyectoPorTurbina);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

QeDisponibleFinal1=P1-Vcf1;
QeDisponibleFinal2=P2-Vcf2;
QeDisponibleFinal3=P3-Vcf3;
QeDisponibleFinal4=P4-Vcf4;
QeDisponibleFinal5=P5-Vcf5;
QeDisponibleFinal6=P6-Vcf6;
QeDisponibleFinal7=P7-Vcf7;
QeDisponibleFinal8=P8-Vcf8;
QeDisponibleFinal9=P9-Vcf9;
QeDisponibleFinal10=P10-Vcf10;
QeDisponibleFinal11=P11-Vcf11;
QeDisponibleFinal12=P12-Vcf12;

QeDisponibleFinal=[QeDisponibleFinal1;QeDisponibleFinal2;QeDisponibleFinal3;Qe
DisponibleFinal4;

QeDisponibleFinal5;QeDisponibleFinal6;QeDisponibleFinal7;QeDisponibleFinal8;

QeDisponibleFinal9;QeDisponibleFinal10;QeDisponibleFinal11;QeDisponibleFinal12
];

CaudalDisponibleFinal=
table(Meses,Year1,Qprom,QdProyecto,QeConstante,Vcf,QeDisponibleFinal);

disp(CaudalDisponibleFinal);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS ');

```

```

ENERO=[P1;M1;QeDisponibleInicial1;QeReglamentado1;QeConstante1;Vcf1;Qd1;QeDisponibleFinal1];
FEBRERO=[P2;M2;QeDisponibleInicial2;QeReglamentado2;QeConstante2;Vcf2;Qd2;QeDisponibleFinal2];
MARZO=[P3;M3;QeDisponibleInicial3;QeReglamentado3;QeConstante3;Vcf3;Qd3;QeDisponibleFinal3];
ABRIL=[P4;M4;QeDisponibleInicial4;QeReglamentado4;QeConstante4;Vcf4;Qd4;QeDisponibleFinal4];
MAYO=[P5;M5;QeDisponibleInicial5;QeReglamentado5;QeConstante5;Vcf5;Qd5;QeDisponibleFinal5];
JUNIO=[P6;M6;QeDisponibleInicial6;QeReglamentado6;QeConstante6;Vcf6;Qd6;QeDisponibleFinal6];
JULIO=[P7;M7;QeDisponibleInicial7;QeReglamentado7;QeConstante7;Vcf7;Qd7;QeDisponibleFinal7];
AGOSTO=[P8;M8;QeDisponibleInicial8;QeReglamentado8;QeConstante8;Vcf8;Qd8;QeDisponibleFinal8];
SETIEMBRE=[P9;M9;QeDisponibleInicial9;QeReglamentado9;QeConstante9;Vcf9;Qd9;QeDisponibleFinal9];
OCTUBRE=[P10;M10;QeDisponibleInicial10;QeReglamentado10;QeConstante10;Vcf10;Qd10;QeDisponibleFinal10];
NOVIEMBRE=[P11;M11;QeDisponibleInicial11;QeReglamentado11;QeConstante11;Vcf11;Qd11;QeDisponibleFinal11];
DICIEMBRE=[P12;M12;QeDisponibleInicial12;QeReglamentado12;QeConstante12;Vcf12;Qd12;QeDisponibleFinal12];

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

Caudales =
{'Qprom[m3/seg]';'Qmin[m3/seg]';'QeDisponibleInicial[m3/seg]';'QeReglamentado[m3/seg]';
'QeConstante[m3/seg]';'Vcf[m3/seg]';'Qd[m3/seg]';'QeDisponibleFinal[m3/seg]'};

ResultadosCaudales=
table(Caudales,ENERO,FEBRERO,MARZO,ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,SETIEMBRE,OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE);

disp(ResultadosCaudales);

plot(MES,Qprom,'r');

grid;

hold on

```

```

plot(MES,Qmin,'b');
plot(MES,QeReglamentado,'b');
plot(MES,QeDisponibleInicial,'black');
plot(MES,QeDisponibleFinal,'m');
xlabel('Meses')
ylabel(' [m3/seg]')

```

```

legend([plot(MES,Qprom,'r'),plot(MES,Qmin,'xb'),plot(MES,QeReglamentado,'g'),plot
(MES,QeDisponibleInicial,'black'),plot(MES,QeDisponibleFinal,'m')], ' Qprom', ' Qmin', '
QeReglamentado', ' QeDisponibleInicial', ' QeDisponibleFinal')

```

case 2

```

if(sel == 1)
ENE1=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : ');
FEB1=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : ');
MAR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : ');
ABR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : ');
MAY1=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : ');
JUN1=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : ');
JUL1=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : ');
AGO1=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : ');
SET1=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : ');
OCT1=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : ');
NOV1=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : ');
DIC1=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : ');

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

ENE2=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : ');
FEB2=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : ');
MAR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : ');
ABR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : ');

```

```

MAY2=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : ');
JUN2=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : ');
JUL2=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : ');
AGO2=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : ');
SET2=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : ');
OCT2=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : ');
NOV2=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : ');
DIC2=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : ');

Year1=[ENE1;FEB1;MAR1;ABR1;MAY1;JUN1;JUL1;AGO1;SET1;OCT1;NOV1;DIC1
];

Year2=[ENE2;FEB2;MAR2;ABR2;MAY2;JUN2;JUL2;AGO2;SET2;OCT2;NOV2;DIC2
];

YearFinal = [Year1 Year2];

else

YearFinal = Historial_Caudales(:,1:2);

end

Meses =
{'Enero[m3/seg]';'Febrero[m3/seg]';'Marzo[m3/seg]';'Abril[m3/seg]';'Mayo[m3/seg]';'J
unio[m3/seg]';'Julio[m3/seg]';'Agosto[m3/seg]';'Septiembre[m3/seg]';'Octubre[m3/seg]
';'Noviembre[m3/seg]';'Diciembre[m3/seg]'};

HistorialCaudales= table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2));

disp(' HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES: ');

disp(HistorialCaudales);

%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%

disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');

disp(' >>>QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida ');

PorcentajeQeReglamentado=input(' Ingrese el porcentaje fijo para el caudal
ecológico reglamentado [%]: ');

disp(' 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO
1 ');

```

```

disp(' CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
P1=[((sum(YearFinal(1,:)))/2)];
P2=[((sum(YearFinal(2,:)))/2)];
P3=[((sum(YearFinal(3,:)))/2)];
P4=[((sum(YearFinal(4,:)))/2)];
P5=[((sum(YearFinal(5,:)))/2)];
P6=[((sum(YearFinal(6,:)))/2)];
P7=[((sum(YearFinal(7,:)))/2)];
P8=[((sum(YearFinal(8,:)))/2)];
P9=[((sum(YearFinal(9,:)))/2)];
P10=[((sum(YearFinal(10,:)))/2)];
P11=[((sum(YearFinal(11,:)))/2)];
P12=[((sum(YearFinal(12,:)))/2)];
Qprom= [P1;P2;P3;P4;P5;P6;P7;P8;P9;P10;P11;P12];
CaudalPromedio= table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),Qprom);
disp(CaudalPromedio);

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

disp(' CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
MM1= YearFinal(1,:);
MM2= YearFinal(2,:);
MM3= YearFinal(3,:);
MM4= YearFinal(4,:);
MM5= YearFinal(5,:);
MM6= YearFinal(6,:);
MM7= YearFinal(7,:);
MM8= YearFinal(8,:);
MM9= YearFinal(9,:);
MM10= YearFinal(10,:);

```

```

MM11= YearFinal(11,:);
MM12= YearFinal(12,:);
M1=min(MM1(MM1~=0));
M2=min(MM2(MM2~=0));
M3=min(MM3(MM3~=0));
M4=min(MM4(MM4~=0));
M5=min(MM5(MM5~=0));
M6=min(MM6(MM6~=0));
M7=min(MM7(MM7~=0));
M8=min(MM8(MM8~=0));
M9=min(MM9(MM9~=0));
M10=min(MM10(MM10~=0));
M11=min(MM11(MM11~=0));
M12=min(MM12(MM12~=0));
Qmin=[M1;M2;M3;M4;M5;M6;M7;M8;M9;M10;M11;M12];
CaudalMinimo= table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),Qmin);
disp(CaudalMinimo);

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

disp(' CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
QeReglamentado1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P1;
QeReglamentado2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P2;
QeReglamentado3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P3;
QeReglamentado4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P4;
QeReglamentado5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P5;
QeReglamentado6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P6;
QeReglamentado7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P7;
QeReglamentado8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P8;
QeReglamentado9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P9;

```

$QeReglamentado10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P10;$

$QeReglamentado11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P11;$

$QeReglamentado12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P12;$

$QeReglamentado=[QeReglamentado1;QeReglamentado2;QeReglamentado3;QeReglamentado4;QeReglamentado5;QeReglamentado6;$

$QeReglamentado7;QeReglamentado8;QeReglamentado9;QeReglamentado10;QeReglamentado11;QeReglamentado12];$

$CaudalEcologicoReglamentado=$   
 $table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),Qprom,Qmin,QeReglamentado);$

$disp(CaudalEcologicoReglamentado);$

%%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%

$disp(' CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:$   
 $');$

$QeDisponibleInicial1=P1-Qd;$

$QeDisponibleInicial2=P2-Qd;$

$QeDisponibleInicial3=P3-Qd;$

$QeDisponibleInicial4=P4-Qd;$

$QeDisponibleInicial5=P5-Qd;$

$QeDisponibleInicial6=P6-Qd;$

$QeDisponibleInicial7=P7-Qd;$

$QeDisponibleInicial8=P8-Qd;$

$QeDisponibleInicial9=P9-Qd;$

$QeDisponibleInicial10=P10-Qd;$

$QeDisponibleInicial11=P11-Qd;$

$QeDisponibleInicial12=P12-Qd;$

$QeDisponibleInicial=[QeDisponibleInicial1;QeDisponibleInicial2;QeDisponibleInicial3;$   
 $QeDisponibleInicial4;$

$QeDisponibleInicial5;QeDisponibleInicial6;QeDisponibleInicial7;QeDisponibleInicial8;$

$QeDisponibleInicial9;QeDisponibleInicial10;QeDisponibleInicial11;QeDisponibleInicial12];$

```
CaudalEcologicoDisponibleInicial=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),Qprom,QdProyecto,QeDisponibleInicial);
```

```
disp(CaudalEcologicoDisponibleInicial);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeConstante1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd1;
```

```
QeConstante2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd2;
```

```
QeConstante3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd3;
```

```
QeConstante4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd4;
```

```
QeConstante5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd5;
```

```
QeConstante6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd6;
```

```
QeConstante7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd7;
```

```
QeConstante8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd8;
```

```
QeConstante9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd9;
```

```
QeConstante10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd10;
```

```
QeConstante11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd11;
```

```
QeConstante12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd12;
```

```
QeConstante=[QeConstante1;QeConstante2;QeConstante3;QeConstante4;QeConstante5;QeConstante6;
```

```
QeConstante7;QeConstante8;QeConstante9;QeConstante10;QeConstante11;QeConstante12];
```

```
CaudalEcologicoReglamentado=
```

```
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),QdProyecto,QeConstante);
```

```
disp(CaudalEcologicoReglamentado);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
Vcf1=Qd1-QeConstante1;
```

```

Vcf2=Qd2-QeConstante2;
Vcf3=Qd3-QeConstante3;
Vcf4=Qd4-QeConstante4;
Vcf5=Qd5-QeConstante5;
Vcf6=Qd6-QeConstante6;
Vcf7=Qd7-QeConstante7;
Vcf8=Qd8-QeConstante8;
Vcf9=Qd9-QeConstante9;
Vcf10=Qd10-QeConstante10;
Vcf11=Qd11-QeConstante11;
Vcf12=Qd12-QeConstante12;
Vcf=[Vcf1;Vcf2;Vcf3;Vcf4;Vcf5;Vcf6;Vcf7;Vcf8;Vcf9;Vcf10;Vcf11;Vcf12];
CaudalFinalDelProyectoPorTurbina=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),QdProyecto,QeConstante,Vcf);
disp(CaudalFinalDelProyectoPorTurbina);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp(' CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
QeDisponibleFinal1=P1-Vcf1;
QeDisponibleFinal2=P2-Vcf2;
QeDisponibleFinal3=P3-Vcf3;
QeDisponibleFinal4=P4-Vcf4;
QeDisponibleFinal5=P5-Vcf5;
QeDisponibleFinal6=P6-Vcf6;
QeDisponibleFinal7=P7-Vcf7;
QeDisponibleFinal8=P8-Vcf8;
QeDisponibleFinal9=P9-Vcf9;
QeDisponibleFinal10=P10-Vcf10;
QeDisponibleFinal11=P11-Vcf11;
QeDisponibleFinal12=P12-Vcf12;

```

QeDisponibleFinal=[QeDisponibleFinal1;QeDisponibleFinal2;QeDisponibleFinal3;QeDisponibleFinal4;

QeDisponibleFinal5;QeDisponibleFinal6;QeDisponibleFinal7;QeDisponibleFinal8;

QeDisponibleFinal9;QeDisponibleFinal10;QeDisponibleFinal11;QeDisponibleFinal12];

CaudalDisponibleFinal=table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),Qprom,Vcf,QeDisponibleFinal);

disp(CaudalDisponibleFinal);

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

disp(' 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS ');

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

ENERO=[P1;M1;QeDisponibleInicial1;QeReglamentado1;QeConstante1;Vcf1;Qd1;QeDisponibleFinal1];

FEBRERO=[P2;M2;QeDisponibleInicial2;QeReglamentado2;QeConstante2;Vcf2;Qd2;QeDisponibleFinal2];

MARZO=[P3;M3;QeDisponibleInicial3;QeReglamentado3;QeConstante3;Vcf3;Qd3;QeDisponibleFinal3];

ABRIL=[P4;M4;QeDisponibleInicial4;QeReglamentado4;QeConstante4;Vcf4;Qd4;QeDisponibleFinal4];

MAYO=[P5;M5;QeDisponibleInicial5;QeReglamentado5;QeConstante5;Vcf5;Qd5;QeDisponibleFinal5];

JUNIO=[P6;M6;QeDisponibleInicial6;QeReglamentado6;QeConstante6;Vcf6;Qd6;QeDisponibleFinal6];

JULIO=[P7;M7;QeDisponibleInicial7;QeReglamentado7;QeConstante7;Vcf7;Qd7;QeDisponibleFinal7];

AGOSTO=[P8;M8;QeDisponibleInicial8;QeReglamentado8;QeConstante8;Vcf8;Qd8;QeDisponibleFinal8];

SETIEMBRE=[P9;M9;QeDisponibleInicial9;QeReglamentado9;QeConstante9;Vcf9;Qd9;QeDisponibleFinal9];

OCTUBRE=[P10;M10;QeDisponibleInicial10;QeReglamentado10;QeConstante10;Vcf10;Qd10;QeDisponibleFinal10];

```
NOVIEMBRE=[P11;M11;QeDisponibleInicial11;QeReglamentado11;QeConstante11;
Vcf11;Qd11;QeDisponibleFinal11];
```

```
DICIEMBRE=[P12;M12;QeDisponibleInicial12;QeReglamentado12;QeConstante12;
Vcf12;Qd12;QeDisponibleFinal12];
```

```
    Caudales =
{'Qprom[m3/seg]';'Qmin[m3/seg]';'QeDisponibleInicial[m3/seg]';'QeReglamentado[m3
/seg]';
```

```
    'QeConstante[m3/seg]';'Vcf[m3/seg]';'Qd[m3/seg]';'QeDisponibleFinal[m3/seg]'};
```

```
MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];
```

```
ResultadosCaudales=
table(Caudales,ENERO,FEBRERO,MARZO,ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,
SETIEMBRE,OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE);
```

```
    disp(ResultadosCaudales);
```

```
    plot(MES,Qprom,'r');
```

```
    grid;
```

```
    hold on
```

```
    plot(MES,Qmin,'b');
```

```
    plot(MES,QeReglamentado,'b');
```

```
    plot(MES,QeDisponibleInicial,'black');
```

```
    plot(MES,QeDisponibleFinal,'m');
```

```
    xlabel('Meses')
```

```
    ylabel(' [m3/seg]')
```

```
legend([plot(MES,Qprom,'r'),plot(MES,Qmin,'xb'),plot(MES,QeReglamentado,'g'),plot
(MES,QeDisponibleInicial,'black'),plot(MES,QeDisponibleFinal,'m')],' Qprom',' Qmin','
QeReglamentado',' QeDisponibleInicial',' QeDisponibleFinal')
```

```
case 3
```

```
    if(sel == 1)
```

```
        ENE1=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : ');
```

```
        FEB1=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : ');
```

```
        MAR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : ');
```

```
        ABR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : ');
```

```
        MAY1=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : ');
```

```
        JUN1=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : ');
```

```

JUL1=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : ');
AGO1=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : ');
SET1=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : ');
OCT1=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : ');
NOV1=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : ');
DIC1=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : ');

```

```

%%%%%%%%%
%%%%%%%%%
%%%%%%%%%
%%%%%%%%%

```

```

ENE2=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : ');
FEB2=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : ');
MAR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : ');
ABR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : ');
MAY2=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : ');
JUN2=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : ');
JUL2=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : ');
AGO2=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : ');
SET2=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : ');
OCT2=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : ');
NOV2=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : ');
DIC2=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : ');

```

```

%%%%%%%%%
%%%%%%%%%

```

```

ENE3=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : ');
FEB3=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : ');
MAR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : ');
ABR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3cer año : ');
MAY3=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3cer año : ');
JUN3=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3cer año : ');
JUL3=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3cer año : ');
AGO3=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3cer año : ');

```

```

SET3=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3cer año : ');
OCT3=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3cer año : ');
NOV3=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3cer año : ');
DIC3=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3cer año : ');

Year1=[ENE1;FEB1;MAR1;ABR1;MAY1;JUN1;JUL1;AGO1;SET1;OCT1;NOV1;DIC1
];

Year2=[ENE2;FEB2;MAR2;ABR2;MAY2;JUN2;JUL2;AGO2;SET2;OCT2;NOV2;DIC2
];

Year3=[ENE3;FEB3;MAR3;ABR3;MAY3;JUN3;JUL3;AGO3;SET3;OCT3;NOV3;DIC3
];

YearFinal = [Year1 Year2 Year3];
else
YearFinal = Historial_Caudales(:,1:3);
end

Meses =
{'Enero[m3/seg]';'Febrero[m3/seg]';'Marzo[m3/seg]';'Abril[m3/seg]';'Mayo[m3/seg]';'J
unio[m3/seg]';'Julio[m3/seg]';'Agosto[m3/seg]';'Septiembre[m3/seg]';'Octubre[m3/seg]
';'Noviembre[m3/seg]';'Diciembre[m3/seg]'};

HistorialCaudales= table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3));
disp(' HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES: ');
disp(HistorialCaudales);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');
disp(' >>>QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida ');

PorcentajeQeReglamentado=input(' Ingrese el porcentaje fijo para el caudal
ecológico reglamentado [%]: ');

disp(' 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO
1 ');

disp(' CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

```

```

P1=[((sum(YearFinal(1,:)))/3)];
P2=[((sum(YearFinal(2,:)))/3)];
P3=[((sum(YearFinal(3,:)))/3)];
P4=[((sum(YearFinal(4,:)))/3)];
P5=[((sum(YearFinal(5,:)))/3)];
P6=[((sum(YearFinal(6,:)))/3)];
P7=[((sum(YearFinal(7,:)))/3)];
P8=[((sum(YearFinal(8,:)))/3)];
P9=[((sum(YearFinal(9,:)))/3)];
P10=[((sum(YearFinal(10,:)))/3)];
P11=[((sum(YearFinal(11,:)))/3)];
P12=[((sum(YearFinal(12,:)))/3)];

Qprom= [P1;P2;P3;P4;P5;P6;P7;P8;P9;P10;P11;P12];

CaudalPromedio=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),Qprom);

disp(CaudalPromedio);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

MM1= YearFinal(1,:);
MM2= YearFinal(2,:);
MM3= YearFinal(3,:);
MM4= YearFinal(4,:);
MM5= YearFinal(5,:);
MM6= YearFinal(6,:);
MM7= YearFinal(7,:);
MM8= YearFinal(8,:);
MM9= YearFinal(9,:);
MM10= YearFinal(10,:);
MM11= YearFinal(11,:);

```

```

MM12= YearFinal(12,:);
M1=min(MM1(MM1~=0));
M2=min(MM2(MM2~=0));
M3=min(MM3(MM3~=0));
M4=min(MM4(MM4~=0));
M5=min(MM5(MM5~=0));
M6=min(MM6(MM6~=0));
M7=min(MM7(MM7~=0));
M8=min(MM8(MM8~=0));
M9=min(MM9(MM9~=0));
M10=min(MM10(MM10~=0));
M11=min(MM11(MM11~=0));
M12=min(MM12(MM12~=0));
Qmin=[M1;M2;M3;M4;M5;M6;M7;M8;M9;M10;M11;M12];
CaudalMinimo= table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),Qmin);
disp(CaudalMinimo);

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

disp(' CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
QeReglamentado1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P1;
QeReglamentado2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P2;
QeReglamentado3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P3;
QeReglamentado4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P4;
QeReglamentado5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P5;
QeReglamentado6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P6;
QeReglamentado7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P7;
QeReglamentado8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P8;
QeReglamentado9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P9;
QeReglamentado10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P10;

```

QeReglamentado11=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*P11;

QeReglamentado12=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*P12;

QeReglamentado=[QeReglamentado1;QeReglamentado2;QeReglamentado3;QeReglamentado4;QeReglamentado5;QeReglamentado6;

QeReglamentado7;QeReglamentado8;QeReglamentado9;QeReglamentado10;QeReglamentado11;QeReglamentado12];

CaudalEcologicoReglamentado=  
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),Qprom,Qmin,QeReglamentado);

disp(CaudalEcologicoReglamentado);

%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:');

QeDisponibleInicial1=P1-Qd;

QeDisponibleInicial2=P2-Qd;

QeDisponibleInicial3=P3-Qd;

QeDisponibleInicial4=P4-Qd;

QeDisponibleInicial5=P5-Qd;

QeDisponibleInicial6=P6-Qd;

QeDisponibleInicial7=P7-Qd;

QeDisponibleInicial8=P8-Qd;

QeDisponibleInicial9=P9-Qd;

QeDisponibleInicial10=P10-Qd;

QeDisponibleInicial11=P11-Qd;

QeDisponibleInicial12=P12-Qd;

QeDisponibleInicial=[QeDisponibleInicial1;QeDisponibleInicial2;QeDisponibleInicial3;QeDisponibleInicial4;

QeDisponibleInicial5;QeDisponibleInicial6;QeDisponibleInicial7;QeDisponibleInicial8;

QeDisponibleInicial9;QeDisponibleInicial10;QeDisponibleInicial11;QeDisponibleInicial12];

```
CaudalEcologicoDisponibleInicial=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),Qprom,QdProyecto,QeDispo
nibleInicial);
```

```
disp(CaudalEcologicoDisponibleInicial);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeConstante1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd1;
```

```
QeConstante2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd2;
```

```
QeConstante3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd3;
```

```
QeConstante4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd4;
```

```
QeConstante5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd5;
```

```
QeConstante6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd6;
```

```
QeConstante7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd7;
```

```
QeConstante8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd8;
```

```
QeConstante9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd9;
```

```
QeConstante10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd10;
```

```
QeConstante11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd11;
```

```
QeConstante12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd12;
```

```
QeConstante=[QeConstante1;QeConstante2;QeConstante3;QeConstante4;QeConst
ante5;QeConstante6;
```

```
QeConstante7;QeConstante8;QeConstante9;QeConstante10;QeConstante11;QeCo
nstante12];
```

```
CaudalEcologicoReglamentado=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),QdProyecto,QeConstante);
```

```
disp(CaudalEcologicoReglamentado);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H
TIPO1: ');
```

```
Vcf1=Qd1-QeConstante1;
```

Vcf2=Qd2-QeConstante2;

Vcf3=Qd3-QeConstante3;

Vcf4=Qd4-QeConstante4;

Vcf5=Qd5-QeConstante5;

Vcf6=Qd6-QeConstante6;

Vcf7=Qd7-QeConstante7;

Vcf8=Qd8-QeConstante8;

Vcf9=Qd9-QeConstante9;

Vcf10=Qd10-QeConstante10;

Vcf11=Qd11-QeConstante11;

Vcf12=Qd12-QeConstante12;

Vcf=[Vcf1;Vcf2;Vcf3;Vcf4;Vcf5;Vcf6;Vcf7;Vcf8;Vcf9;Vcf10;Vcf11;Vcf12];

CaudalFinalDelProyectoPorTurbina=

table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),QdProyecto,QeConstante,Vcf);

disp(CaudalFinalDelProyectoPorTurbina);

%%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%

disp(' CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

QeDisponibleFinal1=P1-Vcf1;

QeDisponibleFinal2=P2-Vcf2;

QeDisponibleFinal3=P3-Vcf3;

QeDisponibleFinal4=P4-Vcf4;

QeDisponibleFinal5=P5-Vcf5;

QeDisponibleFinal6=P6-Vcf6;

QeDisponibleFinal7=P7-Vcf7;

QeDisponibleFinal8=P8-Vcf8;

QeDisponibleFinal9=P9-Vcf9;

QeDisponibleFinal10=P10-Vcf10;

QeDisponibleFinal11=P11-Vcf11;

QeDisponibleFinal12=P12-Vcf12;

QeDisponibleFinal=[QeDisponibleFinal1;QeDisponibleFinal2;QeDisponibleFinal3;QeDisponibleFinal4;

QeDisponibleFinal5;QeDisponibleFinal6;QeDisponibleFinal7;QeDisponibleFinal8;

QeDisponibleFinal9;QeDisponibleFinal10;QeDisponibleFinal11;QeDisponibleFinal12];

CaudalDisponibleFinal=  
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),Qprom,Vcf,QeDisponibleFinal);

disp(CaudalDisponibleFinal);

%%  
%%  
%%  
%%

disp(' 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS ');

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

ENERO=[P1;M1;QeDisponibleInicial1;QeReglamentado1;QeConstante1;Vcf1;Qd1;QeDisponibleFinal1];

FEBRERO=[P2;M2;QeDisponibleInicial2;QeReglamentado2;QeConstante2;Vcf2;Qd2;QeDisponibleFinal2];

MARZO=[P3;M3;QeDisponibleInicial3;QeReglamentado3;QeConstante3;Vcf3;Qd3;QeDisponibleFinal3];

ABRIL=[P4;M4;QeDisponibleInicial4;QeReglamentado4;QeConstante4;Vcf4;Qd4;QeDisponibleFinal4];

MAYO=[P5;M5;QeDisponibleInicial5;QeReglamentado5;QeConstante5;Vcf5;Qd5;QeDisponibleFinal5];

JUNIO=[P6;M6;QeDisponibleInicial6;QeReglamentado6;QeConstante6;Vcf6;Qd6;QeDisponibleFinal6];

JULIO=[P7;M7;QeDisponibleInicial7;QeReglamentado7;QeConstante7;Vcf7;Qd7;QeDisponibleFinal7];

AGOSTO=[P8;M8;QeDisponibleInicial8;QeReglamentado8;QeConstante8;Vcf8;Qd8;QeDisponibleFinal8];

SETIEMBRE=[P9;M9;QeDisponibleInicial9;QeReglamentado9;QeConstante9;Vcf9;Qd9;QeDisponibleFinal9];

```
OCTUBRE=[P10;M10;QeDisponibleInicial10;QeReglamentado10;QeConstante10;Vcf10;Qd10;QeDisponibleFinal10];
```

```
NOVIEMBRE=[P11;M11;QeDisponibleInicial11;QeReglamentado11;QeConstante11;Vcf11;Qd11;QeDisponibleFinal11];
```

```
DICIEMBRE=[P12;M12;QeDisponibleInicial12;QeReglamentado12;QeConstante12;Vcf12;Qd12;QeDisponibleFinal12];
```

```
Caudales =
{'Qprom[m3/seg]';'Qmin[m3/seg]';'QeDisponibleInicial[m3/seg]';'QeReglamentado[m3/seg]';
```

```
'QeConstante[m3/seg]';'Vcf[m3/seg]';'Qd[m3/seg]';'QeDisponibleFinal[m3/seg]'};
```

```
MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];
```

```
ResultadosCaudales=
table(Caudales,ENERO,FEBRERO,MARZO,ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,SETIEMBRE,OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE);
```

```
disp(ResultadosCaudales);
```

```
plot(MES,Qprom,'r');
```

```
grid;
```

```
hold on
```

```
plot(MES,Qmin,'b');
```

```
plot(MES,QeReglamentado,'b');
```

```
plot(MES,QeDisponibleInicial,'black');
```

```
plot(MES,QeDisponibleFinal,'m');
```

```
xlabel('Meses')
```

```
ylabel(' [m3/seg]')
```

```
legend([plot(MES,Qprom,'r'),plot(MES,Qmin,'xb'),plot(MES,QeReglamentado,'g'),plot(MES,QeDisponibleInicial,'black'),plot(MES,QeDisponibleFinal,'m')], 'Qprom','Qmin','QeReglamentado','QeDisponibleInicial','QeDisponibleFinal')
```

```
case 4
```

```
if(sel == 1)
```

```
ENE1=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : ');
```

```
FEB1=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : ');
```

```
MAR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : ');
```

```
ABR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : ');
```

```
MAY1=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : ');
```

```

JUN1=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : ');
JUL1=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : ');
AGO1=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : ');
SET1=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : ');
OCT1=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : ');
NOV1=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : ');
DIC1=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : ');

```

```

%%%%%%%%%
%%%%%%%%%
%%%%%%%%%
%%%%%%%%%

```

```

ENE2=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : ');
FEB2=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : ');
MAR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : ');
ABR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : ');
MAY2=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : ');
JUN2=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : ');
JUL2=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : ');
AGO2=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : ');
SET2=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : ');
OCT2=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : ');
NOV2=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : ');
DIC2=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : ');

```

```

%%%%%%%%%
%%%%%%%%%

```

```

ENE3=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : ');
FEB3=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : ');
MAR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : ');
ABR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3cer año : ');
MAY3=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3cer año : ');
JUN3=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3cer año : ');
JUL3=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3cer año : ');

```

```

AGO3=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3cer año : ');
SET3=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3cer año : ');
OCT3=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3cer año : ');
NOV3=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3cer año : ');
DIC3=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3cer año : ');

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

ENE4=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 4to año : ');
FEB4=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 4to año : ');
MAR4=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 4to año : ');
ABR4=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 4to año : ');
MAY4=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 4to año : ');
JUN4=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 4to año : ');
JUL4=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 4to año : ');
AGO4=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 4to año : ');
SET4=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 4to año : ');
OCT4=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 4to año : ');
NOV4=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 4to año : ');
DIC4=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 4to año : ');

```

```

Year1=[ENE1;FEB1;MAR1;ABR1;MAY1;JUN1;JUL1;AGO1;SET1;OCT1;NOV1;DIC1
];

```

```

Year2=[ENE2;FEB2;MAR2;ABR2;MAY2;JUN2;JUL2;AGO2;SET2;OCT2;NOV2;DIC2
];

```

```

Year3=[ENE3;FEB3;MAR3;ABR3;MAY3;JUN3;JUL3;AGO3;SET3;OCT3;NOV3;DIC3
];

```

```

Year4=[ENE4;FEB4;MAR4;ABR4;MAY4;JUN4;JUL4;AGO4;SET4;OCT4;NOV4;DIC4
];

```

```

YearFinal = [Year1 Year2 Year3 Year4];

```

```

else

```

```

YearFinal = Historial_Caudales(:,1:4);

```

```

end

Meses =
{'Enero[m3/seg]';'Febrero[m3/seg]';'Marzo[m3/seg]';'Abril[m3/seg]';'Mayo[m3/seg]';'J
unio[m3/seg]';'Julio[m3/seg]';'Agosto[m3/seg]';'Septiembre[m3/seg]';'Octubre[m3/seg]
';'Noviembre[m3/seg]';'Diciembre[m3/seg]'};

HistorialCaudales=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4));

disp(' HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES: ');

disp(HistorialCaudales);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');

disp(' >>>QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida ');

PorcentajeQeReglamentado=input(' Ingrese el porcentaje fijo para el caudal
ecológico reglamentado [%]: ');

disp(' 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO
1 ');

disp(' CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

P1=[((sum(YearFinal(1,:)))/4)];
P2=[((sum(YearFinal(2,:)))/4)];
P3=[((sum(YearFinal(3,:)))/4)];
P4=[((sum(YearFinal(4,:)))/4)];
P5=[((sum(YearFinal(5,:)))/4)];
P6=[((sum(YearFinal(6,:)))/4)];
P7=[((sum(YearFinal(7,:)))/4)];
P8=[((sum(YearFinal(8,:)))/4)];
P9=[((sum(YearFinal(9,:)))/4)];
P10=[((sum(YearFinal(10,:)))/4)];
P11=[((sum(YearFinal(11,:)))/4)];
P12=[((sum(YearFinal(12,:)))/4)];

Qprom= [P1;P2;P3;P4;P5;P6;P7;P8;P9;P10;P11;P12];

```

```

CaudalPromedio=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),Qprom);
disp(CaudalPromedio);

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

disp(' CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

```

```

MM1= YearFinal(1,:);

```

```

MM2= YearFinal(2,:);

```

```

MM3= YearFinal(3,:);

```

```

MM4= YearFinal(4,:);

```

```

MM5= YearFinal(5,:);

```

```

MM6= YearFinal(6,:);

```

```

MM7= YearFinal(7,:);

```

```

MM8= YearFinal(8,:);

```

```

MM9= YearFinal(9,:);

```

```

MM10= YearFinal(10,:);

```

```

MM11= YearFinal(11,:);

```

```

MM12= YearFinal(12,:);

```

```

M1=min(MM1(MM1~=0));

```

```

M2=min(MM2(MM2~=0));

```

```

M3=min(MM3(MM3~=0));

```

```

M4=min(MM4(MM4~=0));

```

```

M5=min(MM5(MM5~=0));

```

```

M6=min(MM6(MM6~=0));

```

```

M7=min(MM7(MM7~=0));

```

```

M8=min(MM8(MM8~=0));

```

```

M9=min(MM9(MM9~=0));

```

```

M10=min(MM10(MM10~=0));

```

```

M11=min(MM11(MM11~=0));

```

```

M12=min(MM12(MM12~=0));

```

```

Qmin=[M1;M2;M3;M4;M5;M6;M7;M8;M9;M10;M11;M12];

CaudalMinimo=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),Qmin);

disp(CaudalMinimo);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

QeReglamentado1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P1;
QeReglamentado2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P2;
QeReglamentado3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P3;
QeReglamentado4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P4;
QeReglamentado5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P5;
QeReglamentado6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P6;
QeReglamentado7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P7;
QeReglamentado8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P8;
QeReglamentado9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P9;
QeReglamentado10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P10;
QeReglamentado11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P11;
QeReglamentado12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P12;

QeReglamentado=[QeReglamentado1;QeReglamentado2;QeReglamentado3;QeReglamentado4;QeReglamentado5;QeReglamentado6;
QeReglamentado7;QeReglamentado8;QeReglamentado9;QeReglamentado10;QeReglamentado11;QeReglamentado12];

CaudalEcologicoReglamentado=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),Qprom,Qmin,
QeReglamentado);

disp(CaudalEcologicoReglamentado);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

disp(' CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:
');

```

QeDisponibleInicial1=P1-Qd;

QeDisponibleInicial2=P2-Qd;

QeDisponibleInicial3=P3-Qd;

QeDisponibleInicial4=P4-Qd;

QeDisponibleInicial5=P5-Qd;

QeDisponibleInicial6=P6-Qd;

QeDisponibleInicial7=P7-Qd;

QeDisponibleInicial8=P8-Qd;

QeDisponibleInicial9=P9-Qd;

QeDisponibleInicial10=P10-Qd;

QeDisponibleInicial11=P11-Qd;

QeDisponibleInicial12=P12-Qd;

QeDisponibleInicial=[QeDisponibleInicial1;QeDisponibleInicial2;QeDisponibleInicial3;  
QeDisponibleInicial4;

QeDisponibleInicial5;QeDisponibleInicial6;QeDisponibleInicial7;QeDisponibleInicial8;  
QeDisponibleInicial9;QeDisponibleInicial10;QeDisponibleInicial11;QeDisponibleInicial12];

CaudalEcologicoDisponibleInicial=  
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),Qprom,QdPro  
yecto,QeDisponibleInicial);

disp(CaudalEcologicoDisponibleInicial);

%%  
%%  
%%  
%%

disp(' CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

QeConstante1=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd1;

QeConstante2=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd2;

QeConstante3=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd3;

QeConstante4=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd4;

QeConstante5=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd5;

QeConstante6=(PorcentajeQeReglamentado/100)\*Qd6;

$QeConstante7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd7;$

$QeConstante8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd8;$

$QeConstante9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd9;$

$QeConstante10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd10;$

$QeConstante11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd11;$

$QeConstante12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd12;$

$QeConstante=[QeConstante1;QeConstante2;QeConstante3;QeConstante4;QeConstante5;QeConstante6;$

$QeConstante7;QeConstante8;QeConstante9;QeConstante10;QeConstante11;QeConstante12];$

$CaudalEcologicoReglamentado=$   
 $table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),QdProyecto,QeConstante);$

$disp(CaudalEcologicoReglamentado);$

%%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%  
 %%%%%%%%%%

$disp(' CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H$   
 $TIPO1: ');$

$Vcf1=Qd1-QeConstante1;$

$Vcf2=Qd2-QeConstante2;$

$Vcf3=Qd3-QeConstante3;$

$Vcf4=Qd4-QeConstante4;$

$Vcf5=Qd5-QeConstante5;$

$Vcf6=Qd6-QeConstante6;$

$Vcf7=Qd7-QeConstante7;$

$Vcf8=Qd8-QeConstante8;$

$Vcf9=Qd9-QeConstante9;$

$Vcf10=Qd10-QeConstante10;$

$Vcf11=Qd11-QeConstante11;$

$Vcf12=Qd12-QeConstante12;$

$Vcf=[Vcf1;Vcf2;Vcf3;Vcf4;Vcf5;Vcf6;Vcf7;Vcf8;Vcf9;Vcf10;Vcf11;Vcf12];$

```
CaudalFinalDelProyectoPorTurbina=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),QdProyecto,Q
eConstante,Vcf);
```

```
disp(CaudalFinalDelProyectoPorTurbina);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeDisponibleFinal1=P1-Vcf1;
```

```
QeDisponibleFinal2=P2-Vcf2;
```

```
QeDisponibleFinal3=P3-Vcf3;
```

```
QeDisponibleFinal4=P4-Vcf4;
```

```
QeDisponibleFinal5=P5-Vcf5;
```

```
QeDisponibleFinal6=P6-Vcf6;
```

```
QeDisponibleFinal7=P7-Vcf7;
```

```
QeDisponibleFinal8=P8-Vcf8;
```

```
QeDisponibleFinal9=P9-Vcf9;
```

```
QeDisponibleFinal10=P10-Vcf10;
```

```
QeDisponibleFinal11=P11-Vcf11;
```

```
QeDisponibleFinal12=P12-Vcf12;
```

```
QeDisponibleFinal=[QeDisponibleFinal1;QeDisponibleFinal2;QeDisponibleFinal3;Qe
DisponibleFinal4;
```

```
QeDisponibleFinal5;QeDisponibleFinal6;QeDisponibleFinal7;QeDisponibleFinal8;
```

```
QeDisponibleFinal9;QeDisponibleFinal10;QeDisponibleFinal11;QeDisponibleFinal12
];
```

```
CaudalDisponibleFinal=
```

```
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),Qprom,Vcf,Qe
DisponibleFinal);
```

```
disp(CaudalDisponibleFinal);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

%%%

disp(' 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS ');

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

ENERO=[P1;M1;QeDisponibleInicial1;QeReglamentado1;QeConstante1;Vcf1;Qd1;QeDisponibleFinal1];

FEBRERO=[P2;M2;QeDisponibleInicial2;QeReglamentado2;QeConstante2;Vcf2;Qd2;QeDisponibleFinal2];

MARZO=[P3;M3;QeDisponibleInicial3;QeReglamentado3;QeConstante3;Vcf3;Qd3;QeDisponibleFinal3];

ABRIL=[P4;M4;QeDisponibleInicial4;QeReglamentado4;QeConstante4;Vcf4;Qd4;QeDisponibleFinal4];

MAYO=[P5;M5;QeDisponibleInicial5;QeReglamentado5;QeConstante5;Vcf5;Qd5;QeDisponibleFinal5];

JUNIO=[P6;M6;QeDisponibleInicial6;QeReglamentado6;QeConstante6;Vcf6;Qd6;QeDisponibleFinal6];

JULIO=[P7;M7;QeDisponibleInicial7;QeReglamentado7;QeConstante7;Vcf7;Qd7;QeDisponibleFinal7];

AGOSTO=[P8;M8;QeDisponibleInicial8;QeReglamentado8;QeConstante8;Vcf8;Qd8;QeDisponibleFinal8];

SETIEMBRE=[P9;M9;QeDisponibleInicial9;QeReglamentado9;QeConstante9;Vcf9;Qd9;QeDisponibleFinal9];

OCTUBRE=[P10;M10;QeDisponibleInicial10;QeReglamentado10;QeConstante10;Vcf10;Qd10;QeDisponibleFinal10];

NOVIEMBRE=[P11;M11;QeDisponibleInicial11;QeReglamentado11;QeConstante11;Vcf11;Qd11;QeDisponibleFinal11];

DICIEMBRE=[P12;M12;QeDisponibleInicial12;QeReglamentado12;QeConstante12;Vcf12;Qd12;QeDisponibleFinal12];

Caudales =

{'Qprom[m3/seg]';'Qmin[m3/seg]';'QeDisponibleInicial[m3/seg]';'QeReglamentado[m3/seg]';

'QeConstante[m3/seg]';'Vcf[m3/seg]';'Qd[m3/seg]';'QeDisponibleFinal[m3/seg]'};

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

ResultadosCaudales=

table(Caudales,ENERO,FEBRERO,MARZO,ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,SETIEMBRE,OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE);

```

disp(ResultadosCaudales);
plot(MES,Qprom,'r');
grid;
hold on
plot(MES,Qmin,'b');
plot(MES,QeReglamentado,'b');
plot(MES,QeDisponibleInicial,'black');
plot(MES,QeDisponibleFinal,'m');
xlabel('Meses')
ylabel(' [m3/seg]')
legend([plot(MES,Qprom,'r'),plot(MES,Qmin,'xb'),plot(MES,QeReglamentado,'g'),plot
(MES,QeDisponibleInicial,'black'),plot(MES,QeDisponibleFinal,'m')], ' Qprom', ' Qmin',
QeReglamentado', ' QeDisponibleInicial', ' QeDisponibleFinal')

```

case 5

```
if(sel == 1)
```

```

ENE1=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 1er año : ');
FEB1=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 1er año : ');
MAR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 1er año : ');
ABR1=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 1er año : ');
MAY1=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 1er año : ');
JUN1=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 1er año : ');
JUL1=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 1er año : ');
AGO1=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 1er año : ');
SET1=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 1er año : ');
OCT1=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 1er año : ');
NOV1=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 1er año : ');
DIC1=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 1er año : ');

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```
ENE2=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 2do año : ');
```

```

FEB2=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 2do año : ');
MAR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 2do año : ');
ABR2=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 2do año : ');
MAY2=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 2do año : ');
JUN2=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 2do año : ');
JUL2=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 2do año : ');
AGO2=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 2do año : ');
SET2=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 2do año : ');
OCT2=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 2do año : ');
NOV2=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 2do año : ');
DIC2=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 2do año : ');

```

```

%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%

```

```

ENE3=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 3cer año : ');
FEB3=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 3cer año : ');
MAR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 3cer año : ');
ABR3=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 3cer año : ');
MAY3=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 3cer año : ');
JUN3=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 3cer año : ');
JUL3=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 3cer año : ');
AGO3=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 3cer año : ');
SET3=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 3cer año : ');
OCT3=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 3cer año : ');
NOV3=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 3cer año : ');
DIC3=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 3cer año : ');

```

```

%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%

```

```

ENE4=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 4to año : ');

```

```

FEB4=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 4to año : ');
MAR4=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 4to año : ');
ABR4=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 4to año : ');
MAY4=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 4to año : ');
JUN4=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 4to año : ');
JUL4=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 4to año : ');
AGO4=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 4to año : ');
SET4=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 4to año : ');
OCT4=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 4to año : ');
NOV4=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 4to año : ');
DIC4=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 4to año : ');

```

%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%

```

ENE5=input(' Ingresar el caudal del mes de Enero para el 5to año : ');
FEB5=input(' Ingresar el caudal del mes de Febrero para el 5to año : ');
MAR5=input(' Ingresar el caudal del mes de Marzo para el 5to año : ');
ABR5=input(' Ingresar el caudal del mes de Abril para el 5to año : ');
MAY5=input(' Ingresar el caudal del mes de Mayo para el 5to año : ');
JUN5=input(' Ingresar el caudal del mes de Junio para el 5to año : ');
JUL5=input(' Ingresar el caudal del mes de Julio para el 5to año : ');
AGO5=input(' Ingresar el caudal del mes de Agosto para el 5to año : ');
SET5=input(' Ingresar el caudal del mes de Septiembre para el 5to año : ');
OCT5=input(' Ingresar el caudal del mes de Octubre para el 5to año : ');
NOV5=input(' Ingresar el caudal del mes de Noviembre para el 5to año : ');
DIC5=input(' Ingresar el caudal del mes de Diciembre para el 5to año : ');

```

%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%  
%%%%%%%%%%

```
Year1=[ENE1;FEB1;MAR1;ABR1;MAY1;JUN1;JUL1;AGO1;SET1;OCT1;NOV1;DIC1];
```

```
Year2=[ENE2;FEB2;MAR2;ABR2;MAY2;JUN2;JUL2;AGO2;SET2;OCT2;NOV2;DIC2];
```

```
Year3=[ENE3;FEB3;MAR3;ABR3;MAY3;JUN3;JUL3;AGO3;SET3;OCT3;NOV3;DIC3];
```

```
Year4=[ENE4;FEB4;MAR4;ABR4;MAY4;JUN4;JUL4;AGO4;SET4;OCT4;NOV4;DIC4];
```

```
Year5=[ENE5;FEB5;MAR5;ABR5;MAY5;JUN5;JUL5;AGO5;SET5;OCT5;NOV5;DIC5];
```

```
YearFinal = [Year1 Year2 Year3 Year4 Year5];
```

```
else
```

```
YearFinal = Historial_Caudales(:,1:5);
```

```
end
```

```
Meses =
```

```
{'Enero[m3/seg]';'Febrero[m3/seg]';'Marzo[m3/seg]';'Abril[m3/seg]';'Mayo[m3/seg]';'Junio[m3/seg]';'Julio[m3/seg]';'Agosto[m3/seg]';'Septiembre[m3/seg]';'Octubre[m3/seg]';'Noviembre[m3/seg]';'Diciembre[m3/seg]'};
```

```
HistorialCaudales=
```

```
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5));
```

```
disp(' HISTORIAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ANUALES: ');
```

```
disp(HistorialCaudales);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');
```

```
disp(' >>>%QeReglamentado=15 [%] para estiaje y avenida ');
```

```
PorcentajeQeReglamentado=input(' Ingrese el porcentaje fijo para el caudal ecológico reglamentado [%]: ');
```

```
disp(' 2.-PARAMETROS A DETERMINAR PARA EL PROYECTO M.C.H TIPO
1 ');
```

```
disp(' CAUDAL PROMEDIO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
P1=[((sum(YearFinal(1,:)))/5)];
```

```
P2=[((sum(YearFinal(2,:)))/5)];
```

```
P3=[((sum(YearFinal(3,:)))/5)];
```

```
P4=[((sum(YearFinal(4,:)))/5)];
```

```
P5=[((sum(YearFinal(5,:)))/5)];
```

```
P6=[((sum(YearFinal(6,:)))/5)];
```

```
P7=[((sum(YearFinal(7,:)))/5)];
```

```
P8=[((sum(YearFinal(8,:)))/5)];
```

```
P9=[((sum(YearFinal(9,:)))/4)];
```

```
P10=[((sum(YearFinal(10,:)))/5)];
```

```
P11=[((sum(YearFinal(11,:)))/5)];
```

```
P12=[((sum(YearFinal(12,:)))/5)];
```

```
Qprom= [P1;P2;P3;P4;P5;P6;P7;P8;P9;P10;P11;P12];
```

```
CaudalPromedio=
```

```
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),
Qprom);
```

```
disp(CaudalPromedio);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL MÍNIMO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
MM1= YearFinal(1,:);
```

```
MM2= YearFinal(2,:);
```

```
MM3= YearFinal(3,:);
```

```
MM4= YearFinal(4,:);
```

```
MM5= YearFinal(5,:);
```

```
MM6= YearFinal(6,:);
```

```
MM7= YearFinal(7,:);
```

```

MM8= YearFinal(8,:);
MM9= YearFinal(9,:);
MM10= YearFinal(10,:);
MM11= YearFinal(11,:);
MM12= YearFinal(12,:);
M1=min(MM1(MM1~=0));
M2=min(MM2(MM2~=0));
M3=min(MM3(MM3~=0));
M4=min(MM4(MM4~=0));
M5=min(MM5(MM5~=0));
M6=min(MM6(MM6~=0));
M7=min(MM7(MM7~=0));
M8=min(MM8(MM8~=0));
M9=min(MM9(MM9~=0));
M10=min(MM10(MM10~=0));
M11=min(MM11(MM11~=0));
M12=min(MM12(MM12~=0));
Qmin=[M1;M2;M3;M4;M5;M6;M7;M8;M9;M10;M11;M12];
CaudalMinimo=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),
Qmin);
disp(CaudalMinimo);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp(' CAUDAL ECOLÓGICO REGLAMENTADO PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
QeReglamentado1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P1;
QeReglamentado2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P2;
QeReglamentado3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P3;
QeReglamentado4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P4;
QeReglamentado5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P5;

```

$QeReglamentado6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P6;$

$QeReglamentado7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P7;$

$QeReglamentado8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P8;$

$QeReglamentado9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P9;$

$QeReglamentado10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P10;$

$QeReglamentado11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P11;$

$QeReglamentado12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*P12;$

$QeReglamentado=[QeReglamentado1;QeReglamentado2;QeReglamentado3;QeReglamentado4;QeReglamentado5;QeReglamentado6;$

$QeReglamentado7;QeReglamentado8;QeReglamentado9;QeReglamentado10;QeReglamentado11;QeReglamentado12];$

$CaudalEcologicoReglamentado=$   
 $table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),$   
 $Qprom,Qmin,QeReglamentado);$

$disp(CaudalEcologicoReglamentado);$

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

$disp(' CAUDAL ECOLÓGICO DISPONIBLE INICIAL PARA UNA M.C.H TIPO1:$   
 $');$

$QeDisponibleInicial1=P1-Qd;$

$QeDisponibleInicial2=P2-Qd;$

$QeDisponibleInicial3=P3-Qd;$

$QeDisponibleInicial4=P4-Qd;$

$QeDisponibleInicial5=P5-Qd;$

$QeDisponibleInicial6=P6-Qd;$

$QeDisponibleInicial7=P7-Qd;$

$QeDisponibleInicial8=P8-Qd;$

$QeDisponibleInicial9=P9-Qd;$

$QeDisponibleInicial10=P10-Qd;$

$QeDisponibleInicial11=P11-Qd;$

$QeDisponibleInicial12=P12-Qd;$

```
QeDisponibleInicial=[QeDisponibleInicial1;QeDisponibleInicial2;QeDisponibleInicial3;
QeDisponibleInicial4;
```

```
QeDisponibleInicial5;QeDisponibleInicial6;QeDisponibleInicial7;QeDisponibleInicial8;
QeDisponibleInicial9;QeDisponibleInicial10;QeDisponibleInicial11;QeDisponibleInicial12];
```

```
CaudalEcologicoDisponibleInicial=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),
Qprom,QdProyecto,QeDisponibleInicial);
```

```
disp(CaudalEcologicoDisponibleInicial);
```

```
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
```

```
disp(' CAUDAL ECOLOGICO CONSTANTE PARA UNA M.C.H TIPO1: ');
```

```
QeConstante1=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd1;
```

```
QeConstante2=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd2;
```

```
QeConstante3=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd3;
```

```
QeConstante4=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd4;
```

```
QeConstante5=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd5;
```

```
QeConstante6=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd6;
```

```
QeConstante7=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd7;
```

```
QeConstante8=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd8;
```

```
QeConstante9=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd9;
```

```
QeConstante10=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd10;
```

```
QeConstante11=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd11;
```

```
QeConstante12=(PorcentajeQeReglamentado/100)*Qd12;
```

```
QeConstante=[QeConstante1;QeConstante2;QeConstante3;QeConstante4;QeConstante5;QeConstante6;
```

```
QeConstante7;QeConstante8;QeConstante9;QeConstante10;QeConstante11;QeConstante12];
```

```
CaudalEcologicoReglamentado=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),
QdProyecto,QeConstante);
```

```
disp(CaudalEcologicoReglamentado);
```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

disp(' CAUDAL FINAL DEL PROYECTO POR TURBINA PARA UNA M.C.H
TIPO1: ');

```

```

Vcf1=Qd1-QeConstante1;

```

```

Vcf2=Qd2-QeConstante2;

```

```

Vcf3=Qd3-QeConstante3;

```

```

Vcf4=Qd4-QeConstante4;

```

```

Vcf5=Qd5-QeConstante5;

```

```

Vcf6=Qd6-QeConstante6;

```

```

Vcf7=Qd7-QeConstante7;

```

```

Vcf8=Qd8-QeConstante8;

```

```

Vcf9=Qd9-QeConstante9;

```

```

Vcf10=Qd10-QeConstante10;

```

```

Vcf11=Qd11-QeConstante11;

```

```

Vcf12=Qd12-QeConstante12;

```

```

Vcf=[Vcf1;Vcf2;Vcf3;Vcf4;Vcf5;Vcf6;Vcf7;Vcf8;Vcf9;Vcf10;Vcf11;Vcf12];

```

```

CaudalFinalDelProyectoPorTurbina=
table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),
QdProyecto,QeConstante,Vcf);

```

```

disp(CaudalFinalDelProyectoPorTurbina);

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

disp(' CAUDAL DISPONIBLE FINAL PARA UNA M.C.H TIPO1: ');

```

```

QeDisponibleFinal1=P1-Vcf1;

```

```

QeDisponibleFinal2=P2-Vcf2;

```

```

QeDisponibleFinal3=P3-Vcf3;

```

```

QeDisponibleFinal4=P4-Vcf4;

```

```

QeDisponibleFinal5=P5-Vcf5;

```

```

QeDisponibleFinal6=P6-Vcf6;

```

QeDisponibleFinal7=P7-Vcf7;

QeDisponibleFinal8=P8-Vcf8;

QeDisponibleFinal9=P9-Vcf9;

QeDisponibleFinal10=P10-Vcf10;

QeDisponibleFinal11=P11-Vcf11;

QeDisponibleFinal12=P12-Vcf12;

QeDisponibleFinal=[QeDisponibleFinal1;QeDisponibleFinal2;QeDisponibleFinal3;QeDisponibleFinal4;

QeDisponibleFinal5;QeDisponibleFinal6;QeDisponibleFinal7;QeDisponibleFinal8;

QeDisponibleFinal9;QeDisponibleFinal10;QeDisponibleFinal11;QeDisponibleFinal12];

CaudalDisponibleFinal=table(Meses,YearFinal(:,1),YearFinal(:,2),YearFinal(:,3),YearFinal(:,4),YearFinal(:,5),Qprom,Vcf,QeDisponibleFinal);

disp(CaudalDisponibleFinal);

%%  
 %%%  
 %%%  
 %%%

disp(' 3.-RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS ');

MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];

ENERO=[P1;M1;QeDisponibleInicial1;QeReglamentado1;QeConstante1;Vcf1;Qd1;QeDisponibleFinal1];

FEBRERO=[P2;M2;QeDisponibleInicial2;QeReglamentado2;QeConstante2;Vcf2;Qd2;QeDisponibleFinal2];

MARZO=[P3;M3;QeDisponibleInicial3;QeReglamentado3;QeConstante3;Vcf3;Qd3;QeDisponibleFinal3];

ABRIL=[P4;M4;QeDisponibleInicial4;QeReglamentado4;QeConstante4;Vcf4;Qd4;QeDisponibleFinal4];

MAYO=[P5;M5;QeDisponibleInicial5;QeReglamentado5;QeConstante5;Vcf5;Qd5;QeDisponibleFinal5];

JUNIO=[P6;M6;QeDisponibleInicial6;QeReglamentado6;QeConstante6;Vcf6;Qd6;QeDisponibleFinal6];

```
JULIO=[P7;M7;QeDisponibleInicial7;QeReglamentado7;QeConstante7;Vcf7;Qd7;Qe
DisponibleFinal7];
```

```
AGOSTO=[P8;M8;QeDisponibleInicial8;QeReglamentado8;QeConstante8;Vcf8;Qd8;
QeDisponibleFinal8];
```

```
SETIEMBRE=[P9;M9;QeDisponibleInicial9;QeReglamentado9;QeConstante9;Vcf9;
Qd9;QeDisponibleFinal9];
```

```
OCTUBRE=[P10;M10;QeDisponibleInicial10;QeReglamentado10;QeConstante10;V
cf10;Qd10;QeDisponibleFinal10];
```

```
NOVIEMBRE=[P11;M11;QeDisponibleInicial11;QeReglamentado11;QeConstante11;
Vcf11;Qd11;QeDisponibleFinal11];
```

```
DICIEMBRE=[P12;M12;QeDisponibleInicial12;QeReglamentado12;QeConstante12;
Vcf12;Qd12;QeDisponibleFinal12];
```

```
    Caudales =
    {'Qprom[m3/seg]';'Qmin[m3/seg]';'QeDisponibleInicial[m3/seg]';'QeReglamentado[m3
/seg]';
```

```
    'QeConstante[m3/seg]';'Vcf[m3/seg]';'Qd[m3/seg]';'QeDisponibleFinal[m3/seg]'};
```

```
    MES=[1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12];
```

```
    ResultadosCaudales=
    table(Caudales,ENERO,FEBRERO,MARZO,ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,
    SETIEMBRE,OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE);
```

```
    disp(ResultadosCaudales);
```

```
    plot(MES,Qprom,'r');
```

```
    grid;
```

```
    hold on
```

```
    plot(MES,Qmin,'b');
```

```
    plot(MES,QeReglamentado,'b');
```

```
    plot(MES,QeDisponibleInicial,'black');
```

```
    plot(MES,QeDisponibleFinal,'m');
```

```
    xlabel('Meses')
```

```
    ylabel(' [m3/seg]')
```

```
    legend([plot(MES,Qprom,'r'),plot(MES,Qmin,'xb'),plot(MES,QeReglamentado,'g'),plot
(MES,QeDisponibleInicial,'black'),plot(MES,QeDisponibleFinal,'m')],' Qprom',' Qmin','
QeReglamentado',' QeDisponibleInicial',' QeDisponibleFinal')
```

```
end
```

```
filename = 'testdata1.xlsx';
```

```
writetable(ResultadosCaudales,filename)
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
ESCENARIO DE POTENCIAS DE TURBINAS
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp('ESCENARIO DE POTENCIAS DE TURBINA: ');
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
disp(' 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA ');
```

```
disp(' 1.1.-DATOS REQUERIDOS DE OTROS ESCENARIOS DE VALIDACION
');
```

```
disp(' Altura liquida final, Hliqf en [m]:')
```

```
disp(Hliqf)
```

```
VCF=((Vcf1+Vcf2+Vcf3+Vcf4+Vcf5+Vcf6+Vcf7+Vcf8+Vcf9+Vcf10+Vcf11+Vcf12)/12)
;
```

```
disp(' Caudal final del proyecto por turbina , VCF en [m3/seg]:')
```

```
disp(VCF)
```

```
disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');
```

```
disp(' >>>Nt=88.77 [%] valor recomendado para la eficiencia de la turbina ');
```

```
Nt=input(' Ingrese la eficiencia de la turbina Nt [%]: ');
```

```
disp(' >>>GAMAa=9.81 [kg/(m2*s2)] valor recomendado para peso especifico del
agua ');
```

```
GAMAa=input(' Ingrese el peso especifico del agua "a"[kg/(m2*s2)]: ');
```

```
disp(' 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H
TIPO 1 ');
```

```
Pft=GAMAa*Hliqf*VCF*(Nt/100);
```

```
disp(' Potencia final de la turbina [KW]: ');
```

```

disp(Pft)

DescripcionPotenciasTurbinas={'Met. para selección del generador en una M.C.H
tipo 1'};

ResultadosPotenciaTurbina=
table(DescripcionPotenciasTurbinas,Hliqf,VCF,Nt,GAMAA,Pft);

disp(' 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS: ');

disp(ResultadosPotenciaTurbina);

%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%
Escenario de características técnicas
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%

disp('ESCENARIO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS : ');

disp(' 1.- DATOS REQUERIDOS POR LA METODOLOGIA ');

disp(' 1.1.-DATOS REQUERIDOS DE OTROS ESCENARIOS DE VALIDACION
');

disp(' Altura liquida final, Hliqf en [m]:')

disp(Hliqf)

disp(' Potencia final de la turbina [KW]: ');

disp(Pft)

disp(' 1.2.-VALORES RECOMENDADOS PARA UNA M.C.H TIPO 1 ');

disp(' >>>>>>>Ng=87.6 [%] Eficiencia del generador recomendado para todo
generador sincrono<<<<<<< ');

Ng=input(' Ingrese la eficiencia del Generador [%]: ');

disp(' >>>>>>>FP=0.9 [%] Factor de potencia recomendado para todo
generador sincrono en un sistema aislado<<<<<<< ');

disp(' >>>>>>>FP=0.9 [%] Factor de potencia recomendado para todo
generador sincrono en un sistema interconectado<<<<<<< ');

FP=input(' Ingrese el factor de potencia del generador [%]: ');

```

```

disp(' >>>>>>>n= 2 / 4 / 6 / 8 / 10 / 12 [pares] número de polos recomendados
para un generador sincrónico<<<<<<<< ');
p1=input(' Ingrese el primer número de polos recomendado : ');
p2=input(' Ingrese el segundo número de polos recomendado : ');
p3=input(' Ingrese el tercer número de polos recomendado : ');
p4=input(' Ingrese el cuarto número de polos recomendado : ');
p5=input(' Ingrese el quinto número de polos recomendado : ');
p6=input(' Ingrese el sexto número de polos recomendado : ');
disp(' Tensión nominal del generador ');

Vn={'190/200/208/220/230/240(x10)/254/265/277/380/400/415/416(x10)/440/460/48
0'};
disp(Vn);

disp(' >>>f=50/60 [Hertz] frecuencia de generador sincrónico recomendado según
la ubicación geográfica de la mini central ');
f=input(' Ingrese la frecuencia del generador según su ubicación geográfica [%]: ');
disp(' 2.- PARAMETRO A DETERMINAR PARA UNA MINI CENTRAL M.C.H
TIPO 1 ');
Pg=Pft*(Ng/(FP*100));
disp(' La potencia nominal del generador "Pg" : ');
disp(Pg)
disp('EL GENERADOR SELECCIONADO :')
if(Pg<50)
    disp('GENERADOR DE INDUCCION O SIN ESCOBILLAS')
elseif(50<= Pg) <=500
    disp('GENERADOR SINCRONO POLOS SALIENTES CON ESCOBILLAS')
else
    disp('GENERADOR SINCRONO CON O SIN ESCOBILLAS')
end
p=[p1;p2;p3;p4;p5;p6];
n1=120*(f/p1);
n2=120*(f/p2);

```

```

n3=120*(f/p3);
n4=120*(f/p4);
n5=120*(f/p5);
n6=120*(f/p6);
disp(' La Velocidad síncronica del generador "n" : ');
n=[n1;n2;n3;n4;n5;n6];
VelocidadSincronica= table(p,n);
disp(VelocidadSincronica);
disp(' La Velocidad especifica de la turbina "ns" : ');
ns1=((n1*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
ns2=((n2*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
ns3=((n3*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
ns4=((n4*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
ns5=((n5*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
ns6=((n6*(Pft^0.5))/(Hliqf^1.25));
disp('EL TIPO DE TURBINA A SELECCIONAR :')
if(200<= ns3)<=300
disp('FRANCIS VELOZ')
elseif(300<= ns)<=450
disp('FRANCIS UTRAVELOZ')
elseif(120<= ns)<=200
disp('FRANCIS MEDIA')
elseif(70<= ns)<=120
disp('FRANCIS LENTA')
elseif (55<= ns) <=70
disp('FRANCIS LENTISIMA')
else
disp('TURBINA FRANCIS')
end
ns=[ns1;ns2;ns3;ns4;ns5;ns6];

```

```

VelocidadSincronica= table(n,ns);
disp(VelocidadSincronica);
disp(' 3.- RESUMEN Y ANALISIS DE RESULTADOS: ');
Parametros={'Pt[KW]';'Pg[KW]';'Ng[Adimencional]';'FP[Adimencional]';'f[hertz]';'p[Adi
mencional]';'n[rpm]';'Vn[Voltios]';'ns[rpm]'};
Generador1=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p1;n1;Vn;ns1];
Generador2=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p2;n2;Vn;ns2];
Generador3=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p3;n3;Vn;ns3];
Generador4=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p4;n4;Vn;ns4];
Generador5=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p5;n5;Vn;ns5];
Generador6=[Pft;Pg;Ng;FP;f;p6;n6;Vn;ns6];
Resultados=
table(Parametros,Generador1,Generador2,Generador3,Generador4,Generador5,Ge
nerador6);
disp(' Resumen de las características técnicas del generador : ');
disp(Resultados);
filename = 'testdata2.xlsx';
writetable(Resultados,filename)
end

```