

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,**  
**INFORMÁTICA Y MECÁNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**INFORME TÉCNICO**

---

**CONCESIÓN DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL  
HIDROELÉCTRICA CON RECURSOS ENERGÉTICOS  
RENOVABLES COELVIHIDRO II**

---

**PRESENTADO POR:**

Br. Fernando Alvarez Infantas

Para optar al título profesional de Ingeniero Electricista

**MODALIDAD POR SERVICIOS A NIVEL PROFESIONAL**

**CONSEJERO:**

Dr. Clemente Cuba Huamaní

**Cusco – Perú**  
**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: CONCESIÓN DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CON RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES COELVIHIDRO II

presentado por: FERNANDO ALVAREZ INFANTAS con DNI Nro.: 43046411 presentado por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ELECTRICISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 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 9%.

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, 10 de Julio de 2024

Firma

Post firma CLEMENTE CUBA HUAMANI

Nro. de DNI 23812842

ORCID del Asesor 0000-0002-4165-839X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:365669448

NOMBRE DEL TRABAJO

**Informe Técnico IE\_UNSAAC\_Fernando A lvarez.pdf**

AUTOR

**Fernando Alvarez Infantas**

RECUENTO DE PALABRAS

**28674 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**135294 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**155 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**23.7MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 10, 2024 7:29 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 10, 2024 7:32 PM GMT-5**

### ● 9% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

## **Presentación**

El presente Informe Técnico, titulado "Concesión de Generación de la Central Hidroeléctrica con Recursos Energéticos Renovables COELVIHIDRO II", ha sido elaborado en concordancia a las normativas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica.

El trabajo contiene cinco capítulos secuenciales que abordan los temas generales, memoria descriptiva, componentes del proyecto, impacto ambiental y disponibilidad hídrica y la concesión definitiva de generación.

El enfoque principal del informe se centra en la concesión para la generación de energía eléctrica, utilizando como modelo la Central Hidroeléctrica COELVIHIDRO II, un proyecto que resalta la importancia y el potencial de los recursos energéticos renovables. También abarca aspectos técnicos, económicos y ambientales, proporcionando una evaluación detallada de la viabilidad y eficiencia del proyecto. Del mismo modo, se analizan las características técnicas de la central hidroeléctrica a través del estudio de pre operatividad y estudio ambiental.

## Contenido

Resumen.....	1
Abstract.....	2
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>3</b>
1.1. Razón social.....	3
1.2. Descripción de la empresa.....	3
1.3. Organigrama.....	3
1.4. Cronograma de actividades.....	5
1.5. Presupuesto.....	6
1.6. Cuerpo del informe técnico.....	7
1.6.1. Descripción.....	7
1.7. Objetivos, alcances y características.....	10
1.7.1. Objetivo principal:.....	10
1.7.2. Objetivos específicos:.....	10
1.8. Alcances.....	10
1.9. Características.....	10
<b>CAPÍTULO II: MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO.....</b>	<b>12</b>
2.1. Área del proyecto.....	12
2.2. Concesión.....	13
2.3. Ubicación.....	14
2.4. Presupuesto del proyecto.....	16
2.5. Evaluación económica financiera.....	22
2.5.1. Introducción.....	22
2.5.2. Análisis beneficio costo.....	23
2.5.3. Consideraciones previas al análisis beneficio costo.....	23
2.5.4. Costos.....	25
2.5.5. Los beneficios.....	26
2.5.6. Parámetros y premisas de evaluación.....	26
2.5.7. Indicadores de rentabilidad.....	27
2.5.8. Resultados.....	28
2.5.9. Análisis de sensibilidad.....	28
2.6. Accesos al área del proyecto.....	29
2.7. Infraestructura de servicios.....	29
<b>CAPÍTULO III: COMPONENTES DEL PROYECTO.....</b>	<b>30</b>
3.1. Generalidades.....	30
3.2. Obras de captación.....	31
3.3. Componentes hidráulicos.....	32
3.3.1. Bocatoma.....	32
3.3.2. Canal de conducción.....	35

3.3.3. Túnel .....	37
3.3.4. Desarenador y cámara de carga .....	38
3.3.5. Casa de máquinas.....	40
3.3.6. Canal de descarga .....	41
3.4. Cálculos justificativos de las componentes.....	43
3.4.1. Cálculos justificativos de la bocatoma.....	43
3.4.2. Cálculos justificativos del canal de conducción .....	44
3.4.3. Cálculos justificativos de túneles.....	47
3.4.4. Cálculos justificativos del desarenador.....	50
3.4.5. Cálculos justificativos de la cámara de carga .....	52
3.4.6. Cálculos justificativos del canal de descarga.....	55
3.4.7. Cálculos justificativos de los generadores .....	58
3.4.8. Cálculos justificativos de la turbina .....	61
3.4.9. Cálculos justificativos del transformador .....	63
3.5. Criterios para la selección de turbina.....	66
3.5. Otros factores para la sección de turbinas.....	68
3.6. Equipamiento electromecánico.....	70
3.7. Justificación de la potencia de los generadores .....	73
<b>CAPÍTULO IV: DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (DIA) Y</b>	
<b>DISPONIBILIDAD HÍDRICA.....</b>	<b>76</b>
4.1. Etapas del proceso de aprobación .....	76
4.2. Resultado de la evaluación del DIA.....	79
4.3. Estudio de acreditación de la disponibilidad hídrica del río Huaura .....	80
4.3.1. Disponibilidad hídrica mensual del Río Huaura.....	81
4.3.2. Disponibilidad hídrica del Proyecto.....	85
4.3.3. Etapas del proceso de aprobación .....	90
4.3.4. Resultado del estudio de acreditación de disponibilidad hídrica.....	92
4.4. Estudio de pre operatividad (EPO) .....	92
4.4.1. Etapas del proceso de aprobación .....	93
4.4.2. Resultado del EPO .....	96
<b>CAPÍTULO V: CONCESIÓN DEFINITIVA DE GENERACIÓN .....</b>	<b>98</b>
5.1. Generalidades.....	98
5.2. Etapas del proceso de aprobación .....	100
5.3. Resultado del proceso de aprobación de concesión definitiva de generación .....	103
Conclusiones .....	104
Recomendaciones .....	105
Bibliografía .....	106
Anexos .....	107

Anexo I: Cronograma de actividades.....	108
Anexo II: Planos del Proyecto .....	109
Anexo III: Resolución directoral N° 090-2014-GRL-GRD-DREM, de la Dirección Regional de Energía y Minas del Gobierno Regional de Lima. Aprobación de declaración de impacto ambiental (DIA) del Proyecto. ....	110
Anexo IV: Resolución directoral N° 1079-2015-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA de la Autoridad Nacional del Agua del Ministerio de Agricultura y Riego. Aprobación del estudio de acreditación de la disponibilidad hídrica del río Huaura para el Proyecto. ....	111
Anexo IV: Carta COES/D/DP-1699-2015 del COES SINAC. Otorgamiento de conformidad al estudio de pre operatividad para la conexión al SEIN del Proyecto. ....	112
Anexo V: Resolución ministerial N° 035-2017-MEM/DM del Ministerio de Energía y Minas. Otorgamiento de concesión definitiva de generación con recursos energéticos renovables. ....	113

## Lista de tablas

Tabla 1. Cronograma de actividades resumido.....	5
Tabla 2. Presupuesto para la Concesión de Generación .....	6
Tabla 3. Resumen de datos de ingeniería.....	11
Tabla 4. Coordenadas de concesión.....	13
Tabla 5. Presupuesto del proyecto .....	16
Tabla 6. Sensibilidad de variables .....	29
Tabla 7. Rango de velocidades específicas para cada tipo de turbina .....	67
Tabla 8. Caudal medio mensual – régimen natural (m <sup>3</sup> /s) .....	82
Tabla 9. Disponibilidad del recurso hídrico en la zona del Proyecto .....	86



## Lista de figuras

Figura 1. Organigrama de la Empresa .....	4
Figura 2. Equipo de trabajo.....	4
Figura 3. Estudios necesarios para la Concesión de Generación.....	8
Figura 4. Estructura de estudios.....	9
Figura 5. Cuenca del rio Huaura .....	12
Figura 6. Área de concesión.....	13
Figura 7. Ubicación del proyecto.....	14
Figura 8. Componentes del Proyecto .....	30
Figura 9. Ubicación de la Bocatoma.....	33
Figura 10. Sección típica de canal .....	36
Figura 11. Canal de conducción proyectado en laderas de cerro.....	36
Figura 12. Sección típica de Túnel N°1 y N°2 .....	38
Figura 13. Lugar de perforación para túnel .....	38
Figura 14. Ubicación del Desarenador y Cámara de Carga.....	40
Figura 15. Ubicación de la casa de máquinas .....	41
Figura 16. Sección típica de canal de descarga.....	42
Figura 17. Trayectoria del canal de descarga.....	42
Figura 18. Envoltura operativa de turbinas .....	66
Figura 19. Flujo del proceso de evaluación de una DIA.....	77
Figura 20. Curva de Duración de Caudales .....	85
Figura 21. Representación topológica del modelo hidrológico Cuenca Huaura .....	87
Figura 22. Disponibilidad hídrica al 60% .....	88
Figura 23. Disponibilidad hídrica al 75% .....	89
Figura 24. Disponibilidad hídrica al 95% .....	89
Figura 25. Flujo del proceso de acreditación de disponibilidad hídrica .....	90
Figura 26. Flujo del proceso de aprobación del EPO .....	94
Figura 27. Flujo del proceso de aprobación de concesión .....	99

## Resumen

El proceso de obtención de concesiones de generación para centrales hidroeléctricas de capacidad menor a 20 MW es un factor relevante para continuar con la transformación de la matriz energética con recursos renovables. Sin embargo, por el tiempo y los procesos involucrados, la obtención de concesiones eléctricas es un proceso de larga maduración y se constituye en una barrera para la inversión en centrales hidroeléctricas.

Por ello, este informe tiene como objetivo presentar específicamente el caso de la Central Hidroeléctrica Coelvihidro II con una capacidad de 15 MW y analizar el proceso de obtención de concesiones para la generación de centrales hidroeléctricas con recursos energéticos renovables, presentando los cronogramas de actividades, flujos y etapas de aprobación, y resultados de la concesión definitiva.

Por otra parte, se presenta el proceso de aprobación y los resultados obtenidos de los estudios de declaración de impacto ambiental, estudio de disponibilidad de agua y estudio de pre operatividad para la conexión al SEIN.

Palabras clave: Concesiones de generación; ingeniería a nivel de factibilidad; energía renovable; estudio de pre operatividad.

## **Abstract**

The process of obtaining generation concessions for hydroelectric plants with a capacity of less than 20 MW is a relevant factor for continuing the transformation of the energy matrix with renewable resources. However, due to the time and processes involved, obtaining electrical concessions is a long maturation process and constitutes a barrier to investment in hydroelectric plants.

Therefore, this report aims to specifically present the case of the Coelvihidro II Hydroelectric Plant with a capacity of 15 MW and analyze the process of obtaining concessions for the generation of hydroelectric plants using renewable energy resources, presenting activity schedules, flowcharts, approval stages, and the results of the definitive concession.

Additionally, the approval process and the results obtained from the environmental impact statement studies, water availability study, and pre-operational study for connection to the SEIN are presented.

Keywords: Generation concessions; feasibility-level engineering; renewable energy; pre-operational study.

## **CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Razón social**

Consortio Eléctrico de Villacurí SAC – COELVISAC.

Es una empresa en Perú, con sede principal en Lima. Opera en generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

### **1.2. Descripción de la empresa**

COELVISAC, es una empresa privada y peruana fundada en 1994. se dedica a la distribución, transmisión, generación y comercialización de energía eléctrica en el mercado nacional con más de 25 años de experiencia en el sector.

Provee servicios de diseño, construcción y mantenimiento de instalaciones eléctricas; así como ingeniería y consultoría para dar soluciones integrales de alimentación energética eficiente a proyectos de diferentes actividades económicas.

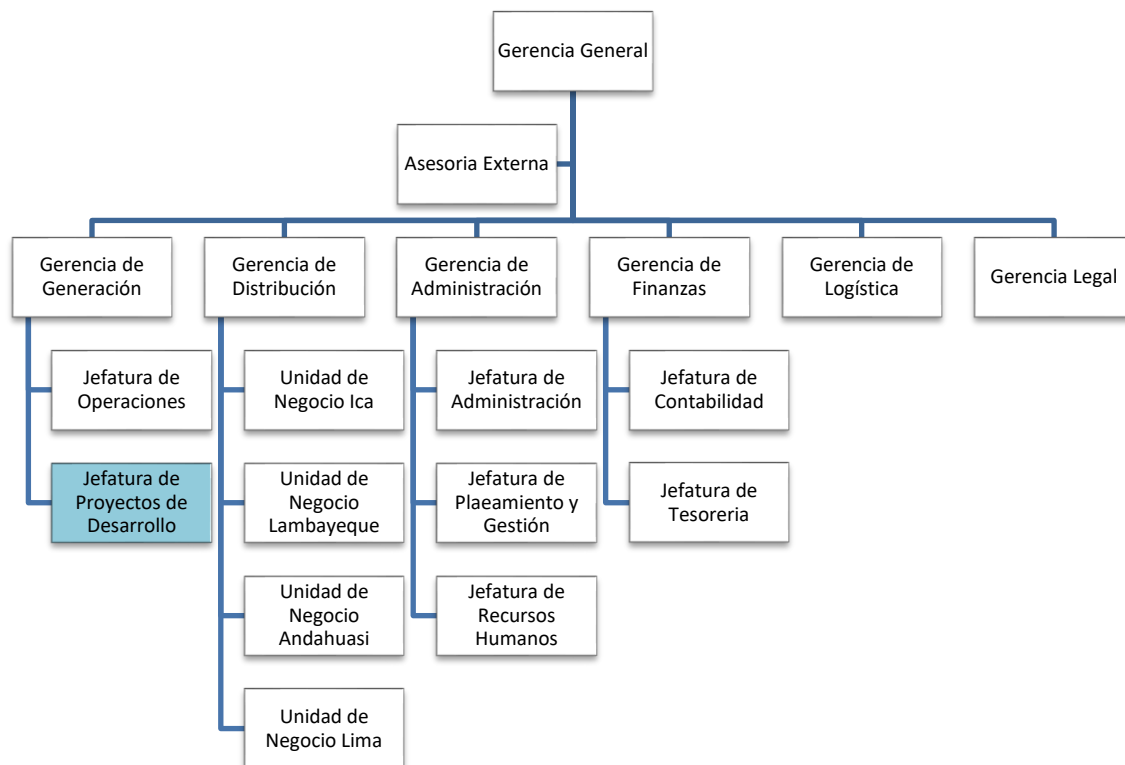
COELVISAC cuenta con 70MW de potencia contratada para dotar de suministro eléctrico a clientes libres y regulados. Cuenta con aproximadamente 700 kilómetros de redes en 22,9kV y 320 subestaciones de distribución en sus áreas de concesión construidas por la empresa. Además de líneas de transmisión en 60 kV y 220 kV; y subestaciones de transformación de 60MVA, 40 MVA y 20 MVA.

### **1.3. Organigrama**

La empresa COELVISAC tiene un organigrama liderado por la Gerencia General y seis Gerencias Funcionales, mostradas en la Figura 1. El Proyecto se desarrolla en la Jefatura de Proyectos de Desarrollo, dentro de la Gerencia de Generación.

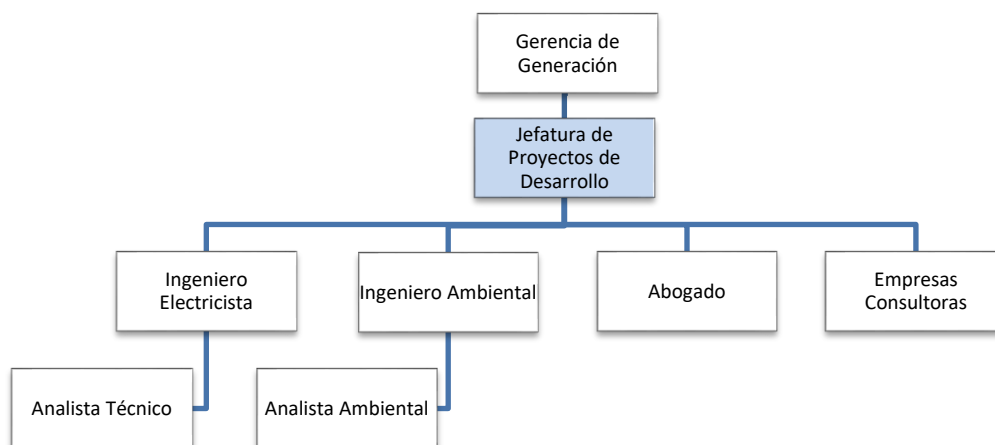
Para lograr el objetivo del Proyecto se definió un equipo de trabajo multidisciplinario, mostrado en la Figura 2, compuesta por profesionales de COELVISAC y de las empresas Consultoras.

Figura 1. Organigrama de la Empresa



Fuente: COELVISAC

Figura 2. Equipo de trabajo



Fuente: COELVISAC

## 1.4. Cronograma de actividades

El cronograma de actividades inicia con la elaboración de la ingeniería a nivel de factibilidad, y finaliza con la resolución suprema de otorgamiento de concesión definitiva. El tiempo de duración para la obtención de la concesión fue de 36 meses.

Las etapas del cronograma incluyen el tiempo de desarrollo del Estudio y la aprobación en el Ministerio o autoridad correspondiente. En la tabla 1 se muestra el cronograma de actividades resumido y en el Anexo I se muestra el cronograma de actividades detallado.

Tabla 1. Cronograma de actividades resumido

Nombre de tarea	Duración días	Comienzo	Fin
<b>Otorgamiento de Concesión de Generación de la CH RER Coelvihidro II</b>	<b>797</b>	<b>1/01/14</b>	<b>19/01/17</b>
<b>1. Elaboración de expediente</b>	<b>471</b>	<b>1/01/14</b>	<b>21/10/15</b>
1.1. Ingeniería a nivel de factibilidad	20	1/01/14	28/01/14
1.2. Estudio ambiental (DIA)	76	29/01/14	14/05/14
1.3. Estudio de pre operatividad (EPO)	251	5/11/14	21/10/15
1.4. Estudio de disponibilidad hídrica	193	5/11/14	31/07/15
1.5. Delimitación de la zona de concesión	20	18/09/14	15/10/14
1.6. Especificaciones de las servidumbres requeridas	20	16/10/14	12/11/14
1.7. Presupuesto del proyecto	15	13/11/14	3/12/14
1.8. Calendario de ejecución de obras	15	4/12/14	24/12/14
1.9. Garantía de fiel cumplimiento de obras	28	25/12/14	2/02/15
<b>2. Proceso de aprobación</b>	<b>513</b>	<b>3/02/15</b>	<b>19/01/17</b>
2.1. Solicitud de concesión	1	3/02/15	3/02/15
2.2. Evaluación de requisitos	10	4/02/15	17/02/15
2.3. Admisibilidad y publicación de avisos de petición	30	18/02/15	31/03/15
2.4. Evaluación de oposición/concurrencia	30	1/04/15	12/05/15
2.5. Evaluación de fondo	142	13/05/15	26/11/15
2.6. Observaciones	150	27/11/15	23/06/16
2.7. Levantamiento de observaciones	150	24/06/16	19/01/17
2.8. Resolución Suprema de otorgamiento de Concesión Definitiva	0	19/01/17	19/01/17

Fuente: Elaboración propia

## 1.5. Presupuesto

A continuación, se muestra la tabla 2 que viene a ser el resumen del presupuesto ejecutado para lograr el otorgamiento de la concesión definitiva.

Tabla 2. Presupuesto para la Concesión de Generación

<b>Descripción</b>	<b>US\$</b>
1. Elaboración de ingeniería a nivel de factibilidad	65,000
2. Declaración de impacto ambiental	45,000
3. Estudio de pre operatividad	24,000
4. Estudio de disponibilidad hídrica	22,000
5. Trabajos topográficos para zona de concesión	9,000
6. Identificación de servidumbres	7,500
7. Elaboración de presupuesto	7,000
8. Elaboración de calendario de obras	4,500
9. Carta de garantía cumplimiento de obras	3,500
10. Expediente de concesión definitiva	3,500
<b>TOTAL</b>	<b>191,000</b>

Fuente: Coelvisac

## **1.6. Cuerpo del informe técnico**

### **1.6.1. Descripción**

El informe inicia con los aspectos referenciales, donde se presenta a la empresa titular del Proyecto, su organigrama y el equipo de trabajo formado para el desarrollo de los requisitos de la concesión. Se presenta también el cronograma de actividades ejecutadas y presupuesto del Proyecto.

Continúa con el cuerpo del informe técnico, en donde se define el objetivo, alcance y características del Proyecto. Posterior a ello se desarrolla la memoria descriptiva del Proyecto a nivel de factibilidad y el detalle del proceso de aprobación de los principales requisitos de la concesión. Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones y anexos.

De acuerdo con la Ley de Concesiones Eléctricas, se requiere de una concesión definitiva para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica. La concesión definitiva permite utilizar bienes de uso público y el derecho de obtener la imposición de servidumbres para la construcción y operación de centrales de generación y obras conexas.

La Central Hidroeléctrica Coelvihidro II obtuvo la concesión definitiva en enero del 2017 y para lograr ello, se aprobó previamente los siguientes tres estudios:

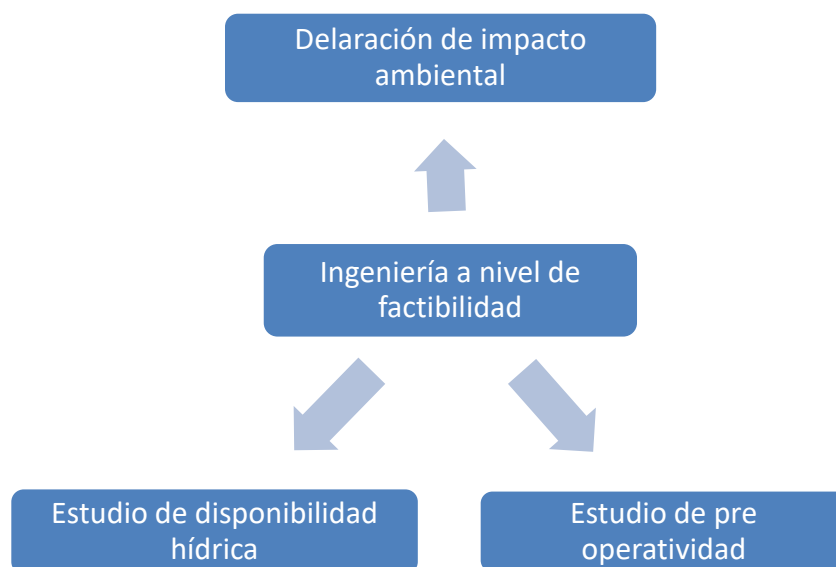
1. Declaración de impacto ambiental, aprobado por la Dirección Regional de Energía y Minas del Gobierno Regional de Lima, de acuerdo con el Decreto Supremo N° 29-94-EM – Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas
2. Estudio de acreditación de la disponibilidad hídrica del río Huaura, aprobado por la Autoridad Nacional del Agua Ministerio de Agricultura y Riego, de acuerdo con la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG
3. Estudio de pre operatividad para la conexión al SEIN – aprobado por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional - COES SINAC, de acuerdo



con el artículo 10° del Reglamento de Transmisión aprobado por Decreto Supremo N° 027-2007-EM.

Estos tres estudios se desarrollan con información de la ingeniería a nivel de factibilidad del Proyecto, por lo tanto, esta ingeniería representa el núcleo de todos los estudios necesarios para la concesión definitiva, las etapas se muestran en la Figura 3.

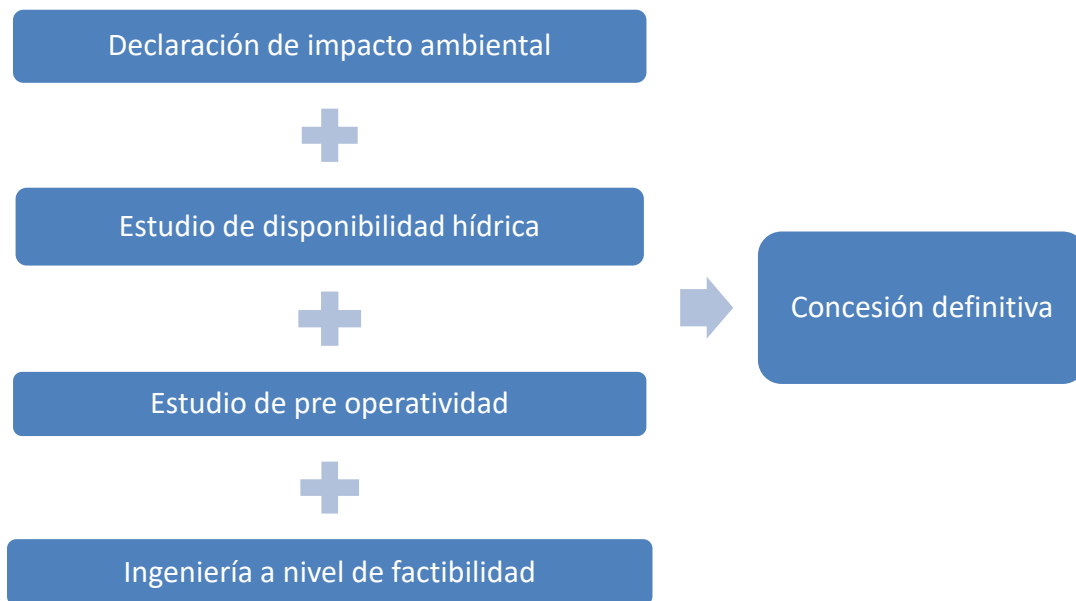
Figura 3. Estudios necesarios para la Concesión de Generación



Fuente: Elaboración propia

Posterior a la aprobación de estos estudios y junto con la ingeniería a nivel de factibilidad se procedió a gestionar el otorgamiento de la concesión definitiva ante el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), de acuerdo con Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento (Decreto Ley N° 25844 y Decreto Supremo N° 009-93-EM). La estructura de los estudios se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Estructura de estudios



Fuente: Elaboración propia

Los requisitos para el otorgamiento de la concesión fueron evaluados por la Dirección de Concesiones Eléctricas del MINEM<sup>1</sup>, y corresponden a los exigidos en la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento<sup>2</sup>.

En esta etapa del proceso de obtención de la concesión definitiva mi participación fue directa como Jefe de Proyecto, lidere un equipo multidisciplinario con profesionales de Ingeniería eléctrica, Ingeniería ambiental, Ingeniería civil, Biología, especialistas hidrólogos, Abogados entre otros.

---

<sup>1</sup> Ministerio de Energía y Minas

<sup>2</sup> Artículos 3°, 25° y 38° de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844, artículos 37° y 66° de su Reglamento y Artículo 8° de la Ley 16053

La experiencia adquirida en esta concesión definitiva fue enriquecedora y, permitió demostrar mis conocimientos en Ingeniería Eléctrica interactuando con profesiones de otras especialidades.

## **1.7. Objetivos, alcances y características**

### **1.7.1. Objetivo principal:**

Aplicar el proceso de obtención de la concesión de generación de la central hidroeléctrica con recursos energéticos renovables Coelvihidro II, considerando el aspecto técnico, financiero e impacto ambiental.

### **1.7.2. Objetivos específicos:**

- Presentar la ingeniería del proyecto de la central hidroeléctrica Coelvihidro II desde la perspectiva técnico legal.
- Aplicar el proceso y resultado de la declaración de impacto ambiental, estudio de disponibilidad hídrica y estudio de pre operatividad para la conexión al SEIN.

## **1.8. Alcances**

El alcance del informe son los estudios necesarios para la obtención de la concesión de generación de la central hidroeléctrica con recursos energéticos renovables Coelvihidro II, tomando en cuenta el aspecto técnico, financiero e impacto ambiental.

## **1.9. Características**

El resumen de los datos de ingeniería del Proyecto se muestra en la tabla 3, en los que se muestran datos de la empresa concesionaria, el nivel de ingeniería, tipo de proyecto, tecnología, ubicación, datos de la central, de la turbina, del generador, del transformador, presupuesto y diagrama unifilar.

Tabla 3. Resumen de datos de ingeniería

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CONCESIÓN DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CON RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES COELVIHIDRO II</b>	
<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	COELVISAC	
<b>NIVEL DE INGENIERÍA</b>	Ingeniería a nivel de factibilidad	
<b>TIPO DE PROYECTO</b>	Privado	
<b>TECNOLOGÍA</b>	Central Hidroeléctrica	
<b>UBICACIÓN</b>	Departamento Lima Provincia Huaura Distrito Sayán Altitud 980 msnm	
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>	Potencia Efectiva 15 MW Tipo de Central De pasada Salto Neto 146 m Caudal Nominal 12 m <sup>3</sup> /s Recurso Hídrico Río Huaura	
<b>DATOS DE LA TURBINA</b>	<b>TURBINA G1</b>	<b>TURBINA G2</b>
Tipo de Turbina	Francis Horizontal	Francis Horizontal
Potencia Efectiva	7.5 MW	7.5 MW
Caudal Nominal	6 m <sup>3</sup> /s	6 m <sup>3</sup> /s
<b>DATOS DEL GENERADOR</b>	<b>GENERADOR G1</b>	<b>GENERADOR G2</b>
Potencia Efectiva	7.5 MW	7.5 MW
Tensión de Generación	13.8 kV	13.8 kV
Factor de Potencia	0.8	0.8
<b>DATOS DEL TRANSFORMADOR</b>	Potencia Nominal 25 MVA Relación de Transformación 13.8/66 kV	
<b>PRESUPUESTO</b>	US\$ 17 686,201 + IGV	
<b>DIAGRAMA UNIFILAR</b>	<p>                 C.H. COELVIHIDRO II (15 MW)                  G1 7.5 MW                  G2 7.5 MW                  13.8 kV                  13.8/66 kV 25 MVA                  66 kV                  AAAC 185 mm<sup>2</sup> 15 km                  S.E. ANDAHUASI 66 kV                  SEIN             </p>	

Fuente: Coelvisac

## CAPÍTULO II: MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

### 2.1. Área del proyecto

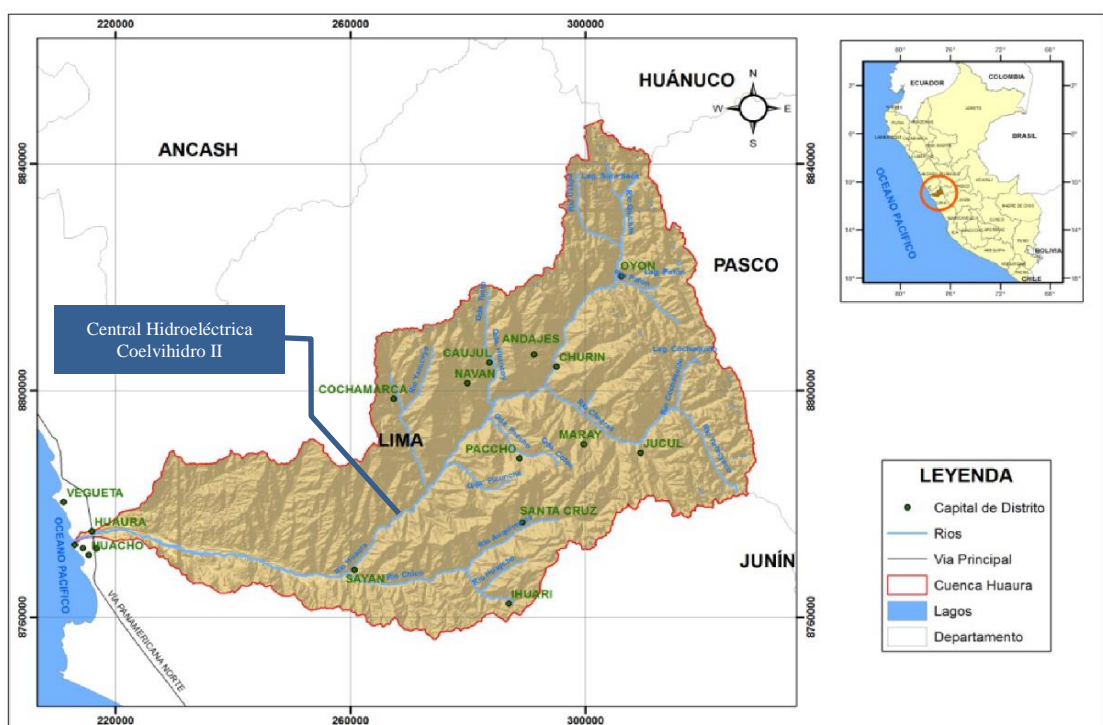
El Proyecto se ubica entre las comunidades campesinas de Quintay y Sayan Alta, entre los sectores de Alco y Quintay, pertenecientes a la provincia de Huaura, departamento de Lima.

El área del Proyecto no se encuentra en los terrenos de ningún área natural protegida ni en sus respectivas zonas de amortiguamiento.

Los recursos hídricos utilizados corresponden a la cuenca del río Huaura, cuya captación está ubicada en el margen izquierdo del río Huaura, a 1 Km aguas arriba del Puente Alco, que une la localidad de Sayán con la localidad de Churín, la Figura 5 muestra la cuenca que corresponde al río Huaura.

La casa de máquinas se ubicará a 7 km en dirección norte del distrito de Sayan.

Figura 5. Cuenca del río Huaura



Fuente: Coelvisac

## 2.2. Concesión

El 19 de enero del 2017, el Ministerio de Energía y Minas mediante Resolución Ministerial N° 035-2017-MEM/DM, otorgó a la Empresa Consorcio Eléctrico de Villacurí SAC, la concesión definitiva de generación con Recursos Energéticos Renovables, la Tabla 4 muestra las coordenadas de concesión y la Figura 6 muestra el área de concesión.

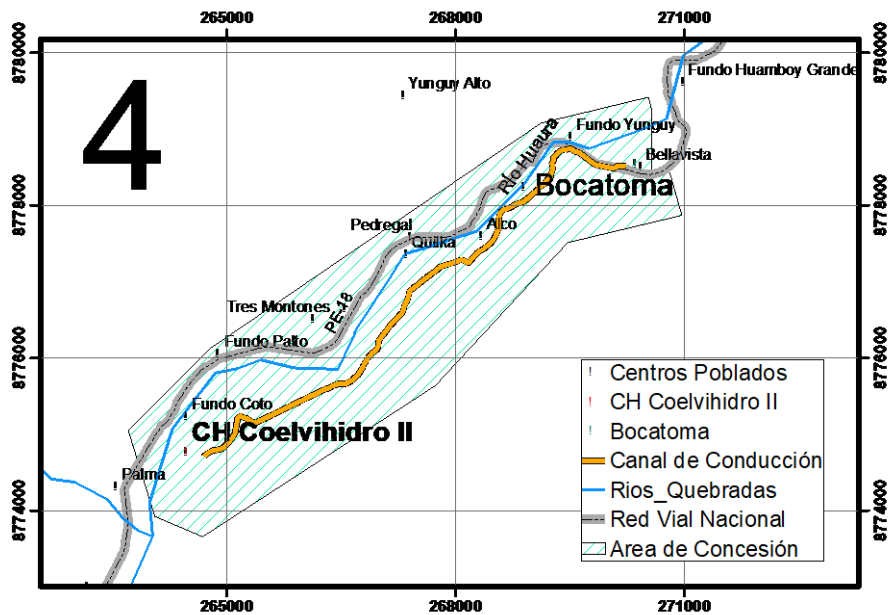
La concesión comprende el área delimitada por coordenadas UTM (WGS 84).

Tabla 4. Coordenadas de concesión

VÉRTICE	NORTE	ESTE
A	8779781	270758
B	8779633	270800
C	8778800	270800
D	8778800	271038
E	8778234	271200
F	8777876	269702
G	8776006	267965
H	8774026	264915
I	8774292	264287
J	8775424	263937
K	8776481	264997
L	8779444	269353

Fuente: Coelvisac

Figura 6. Área de concesión

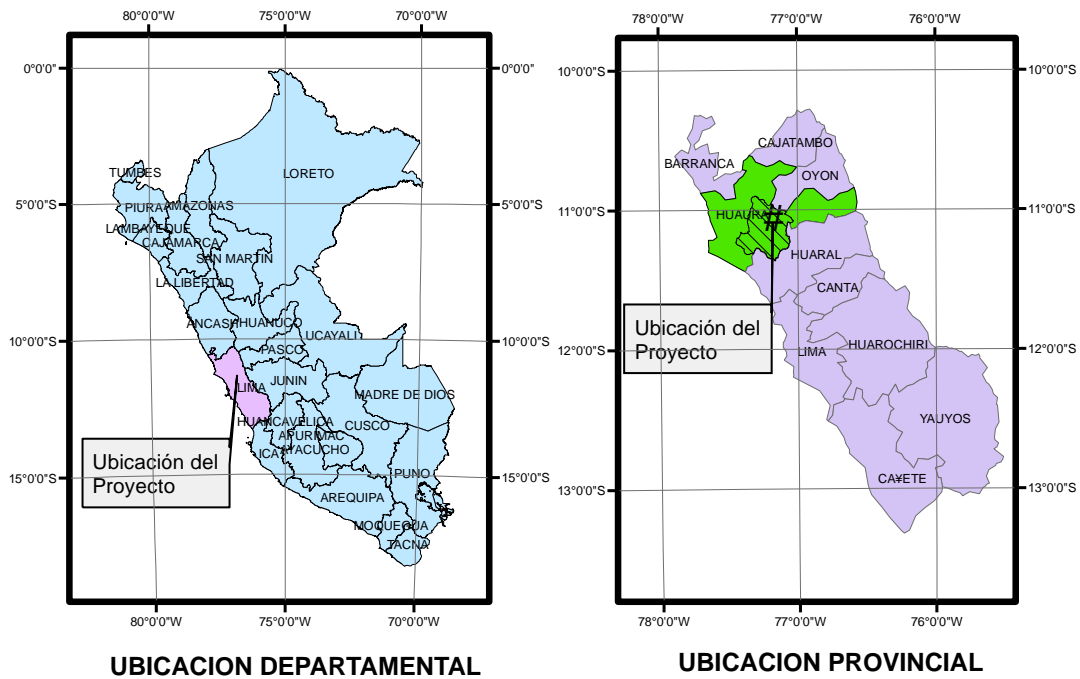


Fuente: Coelvisac

### 2.3. Ubicación

El Proyecto se encuentra ubicado en el distrito de Sayán, provincia de Huaura, departamento de Lima, sobre la margen derecha del río Huaura. La ubicación del Proyecto se muestra en la Figura 7.

Figura 7. Ubicación del proyecto



Fuente: Coelvisac

La central hidroeléctrica empleará un sistema para generación de la energía en el que se aprovecha la energía potencial debido a la caída de agua, por la diferencia de alturas entre la bocatoma y la casa de máquinas (150 m). El proceso de generación eléctrica funciona de la siguiente manera:

- Se captará un caudal de 12.00 m<sup>3</sup>/seg de agua del río Huaura, por una bocatoma a 980 msnm en la progresiva Km 0 + 000.

- Inmediatamente después de la captación de agua (bocatoma), el agua deberá pasar por un desarenador, en el que se eliminará el material sólido y en suspensión, este proceso permite remover las partículas con diámetros superiores a 0.2 mm presentes en el agua que pueden deteriorar las turbinas.
- El agua que se captará en la bocatoma (progresiva Km 0+ 000) fluirá a través del canal de conducción de 7,700 m de longitud aproximadamente (progresiva Km 7+700) y sección rectangular (4.10m. x 2.00m). Este canal atravesará por dos túneles de 500 m y 940 m aproximadamente.
- El agua proveniente del río Huaura, a través del canal de conducción, llegará hasta un desarenador y una cámara de carga ubicados inmediatamente antes de la tubería forzada y la casa de máquinas.
- El desarenador y la cámara de carga se ubicará a 974 msnm. La función del desarenador será facilitar la sedimentación de las partículas abrasivas de arena que pudieran estar presentes en el agua. De este modo, se evitará el desgaste de las turbinas por abrasión. La cámara de carga permitirá el almacenamiento temporal del agua para su direccionamiento hacia la casa de máquinas a través de la tubería forzada.
- El agua desde la cámara de carga pasará por la tubería forzada hasta la casa de máquinas. En este lugar, por medio de turbinas tipo Francis, se generará 15 MW de potencia. La casa de máquinas se ubica en la cota 820 msnm.



## 2.4. Presupuesto del proyecto

El presupuesto del Proyecto es de US\$ 17,686,201 (diecisiete millones seiscientos ochenta y seis mil y ciento noventa y siete dólares americanos), el detalle se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Presupuesto del proyecto

ITEM	DESCRIPCION	PARCIAL (S/.)	PARCIAL (\$.)
01.00.00	BOCATOMA DIRECTA-BOCATOMA	577,663	222,178
02.00.00	DESARENADOR N°1 (EN CAPTACION)	458,245	176,248
03.00.00	CANAL DE CONDUCCION	18,063,282	6,947,416
04.00.00	TUNEL N°1 EN ROCA FIJA	2,083,055	801,175
05.00.00	TUNEL N°2 EN ROCA FIJA	3,885,389	1,494,381
06.00.00	DESARENADOR N°2-CAMARA DE CARGA N°1	1,466,528	564,049
07.00.00	CASA DE MAQUINAS	1,395,082	536,570
08.00.00	SUMINISTRO Y MONTAJE DE EQUIPO ELECTROMECHANICO	13,874,504	5,336,348
	Costo Directo	41,803,748	16,078,365
	Costo Indirecto	4,788,775	1,607,836
	<b>TOTAL, PRESUPUESTO</b>	<b>46,592,493</b>	<b>17,686,201</b>

Fuente: Coelvisac

A continuación, se presenta el detalle del presupuesto del Proyecto.

Subpresupuesto 001 CENTRAL HIDROELECTRICA DE COELVIHIDRO II-15MW

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio SI.	Parcial SI.
01	BOCATOMA DIRECTA-BOCATOMA				577,663.36
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				129,317.24
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60x2.40m	Und.	1.00	716.85	716.85
01.01.02	ALMACEN -GUARDIANA-OFICINA	Und.	1.00	3,395.53	3,395.53
01.01.03	TRAZADO, ESTACADO Y REPLANTEO	mes	2.00	3,320.83	6,641.66
01.01.04	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	Glb.	1.00	80,000.00	80,000.00
01.01.05	ENCAUSAMIENTO TEMPORAL DEL RIO	m.	120.00	321.36	38,563.20
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				64,716.56
01.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA (80% DE EXCAV. TOTAL)	m3	712.00	17.39	12,381.68
01.02.02	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA CON PRE CORTE	m3	178.00	36.63	6,520.14
01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENETE	m3	534.00	18.36	9,804.24
01.02.04	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO P=1.30	m3	365.00	26.72	9,485.60
01.02.05	ACONDICIONAMIENTO DE DEFENSA RIVERENA CON ENROCADO TEMPORAL	m.	100.00	63.01	6,301.00
01.02.06	TALUD CON ENROCADO Y CONCRETO CICLOPEO EN BARRAJE	m3	90.00	208.51	18,765.90
01.02.07	REFINE Y NIVELACION DE FONDO	m2	270.00	5.40	1,458.00
01.03	CONCRETO SIMPLE				21,733.63
01.03.01	SOLADO PARA ZAPATAS (E=0.10M)	m2	157.50	31.75	5,000.63
01.03.02	CONCRETO CICLOPEO $f_c=100\text{kg/cm}^2+30\%$ PG	m3	75.00	184.36	13,827.00
01.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MURO DE BARRAJE	m2	100.00	29.06	2,906.00
01.04	CONCRETO ARMADO				348,325.87
01.04.01	LOSA DE CIMENTACION				86,886.32
01.04.01.01	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$	m3	140.00	306.16	42,862.40
01.04.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSAS DE CIMENTACION	m2	45.60	31.60	1,440.96
01.04.01.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	8,568.00	4.97	42,582.96
01.04.02	MUROS DE CONCRETO ARMADO				261,439.55
01.04.02.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	254.10	339.48	86,261.87
01.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARA VISTA EN MUROS	m2	1,209.60	79.57	96,247.87
01.04.02.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	15,881.25	4.97	78,929.81
01.05	VARIOS				13,570.06
01.05.01	COMPUERTAS PLANCHA METALICA 14" DE 1.50x2.50 INC COLOCACION	Und.	3.00	751.27	2,253.81
01.05.02	REJAS CON PLATINAS DE 1"x4"x3.50M EN VENTANA DE 3.5x3.0 DE INGRESO INC. COLOCACION Y ELEMENTOS DE ANCLAJE	Und.	1.00	4,577.30	4,577.30
01.05.03	JUNTAS WATER STOP DE 8" DE BANDA EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	103.90	42.58	4,424.06
01.05.04	JUNTAS CON SELLO FLEXIBLE IMPERMEABILIZANTE EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	103.90	22.28	2,314.89
02	DESARENADOR N°1 (EN CAPTACION)				458,244.99
02.01	TRABAJOS PRELIMINARES				6,641.66
02.01.01	TRAZADO, ESTACADO Y REPLANTEO	mes	2.00	3,320.83	6,641.66
02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				72,091.28
02.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA (80% DE EXCAV. TOTAL)	m3	650.88	17.39	11,318.80
02.02.02	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA, (50% DE EXCAV. TOTAL)	m3	650.88	35.88	23,353.57
02.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENETE $p=1.3$ DIST. MAX DE 200m	m3	1,269.21	18.36	23,302.70
02.02.04	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO P=1.30	m3	423.07	26.72	11,304.43
02.02.05	REFINE Y NIVELACION DE FONDO	m2	520.70	5.40	2,811.78
02.03	CONCRETO SIMPLE				13,020.68
02.03.01	SOLADO PARA ZAPATAS (E=0.10M)	m2	410.10	31.75	13,020.68
02.04	CONCRETO ARMADO				366,491.37
02.04.01	LOSA BASE				36,041.82
02.04.01.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	55.44	339.48	18,820.77
02.04.01.02	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	3,465.00	4.97	17,221.05
02.04.02	ZAPATAS				63,140.03
02.04.02.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	101.78	339.48	34,552.27
02.04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSAS DE CIMENTACION	m2	174.72	31.60	5,521.15
02.04.02.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	4,641.17	4.97	23,066.61
02.04.03	MUROS DE CONCRETO ARMADO				257,402.36
02.04.03.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	212.64	339.48	72,187.03
02.04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARA VISTA EN MUROS	m2	1,497.60	79.57	119,164.03
02.04.03.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	13,290.00	4.97	66,051.30
02.04.04	VARIOS				9,907.16

## Subpresupuesto 001 CENTRAL HIDROELECTRICA DE COELVIHIDRO II-15MW

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio SI.	Parcial SI.
02.04.04.01	COMPUERTAS PLANCHA METALICA 1/4" DE 0.9x0.9m. INC COLOCACION	Und.	1.00	645.16	645.16
02.04.04.02	JUNTAS WATER STOP DE 8" DE BANDA EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	142.80	42.58	6,080.42
02.04.04.03	JUNTAS CON SELLO FLEXIBLE IMPERMEABILIZANTE EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	142.80	22.28	3,181.58
03	CANAL DE CONDUCCION				18,063,282.19
03.01	TRABAJOS PRELIMINARES				19,924.98
03.01.01	TRAZADO, ESTACADO Y REPLANTEO	mes	6.00	3,320.83	19,924.98
03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				4,204,466.23
03.02.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA (80% DE EXCAV. TOTAL)	m3	42,542.50	17.39	739,814.08
03.02.02	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA CON PRE CORTE	m3	42,542.50	36.63	1,558,331.78
03.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENETE	m3	71,896.83	18.36	1,320,025.80
03.02.04	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO P=1.30	m3	13,188.18	26.72	352,388.17
03.02.05	REFINE Y NIVELACION DE FONDO	m2	43,316.00	5.40	233,906.40
03.03	CONCRETO SIMPLE				982,345.00
03.03.01	SOLADO PARA ZAPATAS (E=0.10M)	m2	30,940.00	31.75	982,345.00
03.04	CONCRETO ARMADO				12,053,838.62
03.04.01	CIMENTACION				1,140,332.20
03.04.01.01	CONCRETO fc=245kg/cm2	m3	1,858.40	339.48	630,889.63
03.04.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFADO EN LOSAS DE CIMENTACION	m2	3,712.80	31.60	117,324.48
03.04.01.03	ACERO fy=4200kg/cm2 GRADO 60	Kg.	78,897.00	4.97	392,118.09
03.04.02	LOSA DE CANAL				2,861,529.21
03.04.02.01	CONCRETO fc=245kg/cm2	m3	4,950.40	339.48	1,680,561.79
03.04.02.02	ACERO fy=4200kg/cm2 GRADO 60	Kg.	237,619.20	4.97	1,180,967.42
03.04.03	MUROS DE CANAL				8,051,977.21
03.04.03.01	CONCRETO fc=245kg/cm2	m3	5,569.20	339.48	1,890,632.02
03.04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFADO CARA VISTA EN MUROS	m2	55,692.00	79.57	4,431,412.44
03.04.03.03	ACERO fy=4200kg/cm2 GRADO 60	Kg.	348,075.00	4.97	1,729,932.75
03.05	JUNTAS				802,707.36
03.05.01	JUNTAS CON SELLO FLEXIBLE IMPERMEABILIZANTE EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	12,376.00	22.28	275,737.28
03.05.02	JUNTAS WATER STOP DE 8" DE BANDA EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	12,376.00	42.58	526,970.08
04	TUNEL N°1 EN ROCA FIJA				2,083,054.51
04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				6,641.66
04.01.01	TRAZADO, ESTACADO Y REPLANTEO	mes	2.00	3,320.83	6,641.66
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				813,792.87
04.02.01	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FIJA, 100%	m3	8,499.22	62.42	530,521.31
04.02.02	EXCAVACION, DESQUINCHE Y PEINADO DE TALUDES	m3	8,499.22	8.16	69,353.64
04.02.03	REFINE Y NIVELACION DE FONDO	m2	2,048.00	5.40	11,059.20
04.02.04	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE p=1.3 DIST MAX DE 1KM	m3	11,048.95	18.36	202,858.72
04.03	CONCRETO ARMADO				1,262,619.98
04.03.01	CIMENTACION				
04.03.02	CONCRETO fc=245kg/cm2	m3	153.60	339.48	52,144.13
04.03.03	ACERO fy=4200kg/cm2 GRADO 60	Kg.	6,528.00	4.97	32,444.16
04.03.04	LOSA DE FONDO				236,765.19
04.03.04.01	CONCRETO fc=245kg/cm2	m3	409.60	339.48	139,051.01
04.03.04.02	ACERO fy=4200kg/cm2 GRADO 60	Kg.	19,660.80	4.97	97,714.18
04.03.05	MUROS DE CANAL				
04.03.06	CONCRETO fc=245kg/cm2	m3	629.76	339.48	213,790.92
04.03.07	ENCOFRADO Y DESENCOFADO CARA VISTA EN MUROS	m2	2,099.20	79.57	167,033.34
04.03.08	ACERO fy=4200kg/cm2 GRADO 60	Kg.	39,360.00	4.97	195,619.20
04.03.09	VARIOS				364,823.04
04.03.09.01	PERFORACION Y COLOCACION DE ANCLAJES DE D=1.0	Und.	1,792.00	37.95	68,006.40
04.03.09.02	HORMIGON LANZADO EN BOVEDA Y ADYACENTES	m2	3,686.40	62.50	230,400.00
04.03.09.03	JUNTAS WATER STOP DE 8" DE BANDA EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	1,024.00	42.58	43,601.92
04.03.09.04	JUNTAS CON SELLO FLEXIBLE IMPERMEABILIZANTE EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	1,024.00	22.28	22,814.72
05	TUNEL N°2 EN ROCA FIJA				3,885,389.31
05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				13,283.32
05.01.01	TRAZADO, ESTACADO Y REPLANTEO	mes	4.00	3,320.83	13,283.32
05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,504,693.53

## Subpresupuesto 001 CENTRAL HIDROELECTRICA DE COELVIHIDRO II-15MW

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
05.02.01	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FUA, 100%	m3	15,711.90	62.42	980,736.80
05.02.02	EXCAVACION, DESQUINCHE Y PEINADO DE TALUDES	m3	15,711.90	8.16	128,209.10
05.02.03	REFINE Y NIVELACION DE FONDO	m2	3,840.00	5.40	20,736.00
05.02.04	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE p=1.3 DIST MAX DE 1KM	m3	20,425.47	18.36	375,011.63
05.03	CONCRETO ARMADO				1,683,369.26
05.03.01	CIMENTACION				158,603.04
05.03.01.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	288.00	339.48	97,770.24
05.03.01.02	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	12,240.00	4.97	60,832.80
05.03.02	LOSA DE FONDO				443,934.72
05.03.02.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	768.00	339.48	260,720.64
05.03.02.02	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	36,864.00	4.97	183,214.08
05.03.03	MUROS DE CANAL				1,080,831.50
05.03.03.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	1,180.80	339.48	400,857.98
05.03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARA VISTA EN MUROS	m2	3,936.00	79.57	313,187.52
05.03.03.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	73,800.00	4.97	366,786.00
05.04	VARIOS				684,043.20
05.04.01	PERFORACION Y COLOCACION DE ANCLAJES DE D=1.0	Und.	3,360.00	37.95	127,512.00
05.04.02	HORMIGON LANZADO EN BOVEDA Y ADYACENTES	m2	6,912.00	62.50	432,000.00
05.04.03	JUNTAS WATER STOP DE 8" DE BANDA EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	1,920.00	42.58	81,753.60
05.04.04	JUNTAS CON SELLO FLEXIBLE IMPERMEABILIZANTE EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	1,920.00	22.28	42,777.60
06	DESARENADOR N°2-CAMARA DE CARGA N°1				1,466,527.63
06.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
06.02	TRAZADO, ESTACADO Y REPLANTEO	mes	2.00	3,320.83	6,641.66
06.03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				146,277.74
06.03.01	EXCAVACION EN ROCA SUELTA (50% DE EXCAV. TOTAL)	m3	1,213.00	17.39	21,094.07
06.03.02	PERFORACION Y DISPARO EN ROCA FUA, (50% DE EXCAV.TOTAL)	m3	1,213.00	35.88	43,522.44
06.03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE $p=1.3$ DIST. MAX DE 1km	m3	1,261.52	18.36	23,161.51
06.03.04	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO $P=1.30$	m3	1,892.28	26.72	50,561.72
06.03.05	REFINE Y NIVELACION DE FONDO	m2	1,470.00	5.40	7,938.00
06.04	CONCRETO SIMPLE				44,386.50
06.04.01	SOLADO PARA ZAPATAS (E=0.10M)	m2	1,398.00	31.75	44,386.50
06.05	CONCRETO ARMADO				1,238,855.59
06.05.01	LOSA DE BASE				35,121.71
06.05.01.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	60.76	339.48	20,626.80
06.05.01.02	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	2,916.48	4.97	14,494.91
06.05.02	ZAPATAS				503,891.00
06.05.02.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	856.80	339.48	290,866.46
06.05.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSAS DE CIMENTACION	m2	596.40	31.60	18,846.24
06.05.02.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	39,070.08	4.97	194,178.30
06.05.03	MUROS DE CONCRETO ARMADO				699,842.88
06.05.03.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	592.80	339.48	201,243.74
06.05.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARA VISTA EN MUROS	m2	3,952.00	79.57	314,460.64
06.05.03.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60	Kg.	37,050.00	4.97	184,138.50
06.06	VARIOS				30,366.14
06.06.01	COMPUERTAS PLANCHA METALICA 1/4" DE 0.9x0.9m. INC COLOCACION	Und.	1.00	645.16	645.16
06.06.02	COMPUERTAS PLANCHA METALICA 1/4" DE 2.5x2.0 INC COLOCACION	Und.	2.00	645.16	1,290.32
06.06.03	REJAS CON PLATINAS DE 1"x3/8"x4.0M EN INGRESO A CAMARA DE CARGA INC. COLOCACION Y ELEMENTOS DE ANCLAJE	Und.	1.00	933.76	933.76
06.06.04	ESCALERA DE GATO DE ACCESO.TUB.VERT.D=2" Y TUB.HORZ. D=3/4	Und.	2.00	933.76	1,867.52
06.06.05	BARANDA METALICA EN PSARELAS CON TUBOS DE D=2 1/2" Y D=2.0"	m.	40.00	101.31	4,052.40
06.06.06	JUNTAS WATER STOP DE 8" DE BANDA EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	332.67	42.58	14,165.09
06.06.07	JUNTAS CON SELLO FLEXIBLE IMPERMEABILIZANTE EN MUROS Y LOSA DE FONDO	m.	332.67	22.28	7,411.89
07	CASA DE MAQUINAS				1,395,081.74
07.01	ESTRUCTURAS				151,854.11
07.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				11,426.46
07.01.01.01	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m2	942.00	5.00	4,710.00
07.01.01.02	TRAZADO Y REPLANTEO INICIAL	m2	942.00	3.55	3,344.10
07.01.01.03	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO DURANTE LA OBRA	mes	2.00	1,686.18	3,372.36

Fecha: 20/05/2013 04:24:47p.m.

Subpresupuesto 001 CENTRAL HIDROELECTRICA DE COELVIHIDRO II-15MW

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
07.01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				92,071.33
07.01.02.01	EXCAVACION MASIVA EN TERRENO CON PRESENCIA DE ROCA SUELTA	m3	2,717.14	12.29	33,393.65
07.01.02.02	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMENTOS Y ZAPATAS	m3	110.00	26.60	2,926.00
07.01.02.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO P=1.30	m3	864.00	26.72	23,086.08
07.01.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE p=1.3 DIST. MAX DE 1km, CM	m3	2,552.00	12.80	32,665.60
07.01.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				18,167.88
07.01.03.01	SOLADO PARA ZAPATAS (E=0.10M)CM	m2	437.00	29.24	12,777.88
07.01.03.02	RELLENO CON CONCRETO CICLOPEO $f_c=100\text{kg/cm}^2+30\%$ PG, EN FALSO CIMENTO	m3	28.00	192.50	5,390.00
07.01.04	<b>ESTRIBOS DE PONTON</b>				19,561.16
07.01.04.01	CONCRETO $f_c=140\text{kg/cm}^2+30\%$ PG	m3	74.00	234.50	16,613.00
07.01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	m2	74.00	39.84	2,948.16
07.01.05	<b>CIMIENTO DE MURO DE CONTENCION</b>				10,627.28
07.01.05.01	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$	m3	23.00	306.16	7,041.68
07.01.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	m2	90.00	39.84	3,585.60
07.02	<b>CONCRETO ARMADO</b>				995,845.16
07.02.01	<b>ZAPATAS</b>				220,941.61
07.02.01.01	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60 EN ZAPATAS	Kg.	23.62	4.47	105.58
07.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESTRIBOS	m2	40.80	39.84	1,625.47
07.02.01.03	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$	m3	716.00	306.16	219,210.56
07.02.02	<b>MUROS DE CONTENCION</b>				25,886.03
07.02.02.01	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ PARA MUROS	m3	23.00	313.02	7,199.46
07.02.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE MUROS	m2	308.00	41.47	12,772.76
07.02.02.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60 EN MUROS	Kg.	1,323.00	4.47	5,913.81
07.02.03	<b>SOBRECIMIENTO ARMADO</b>				31,576.69
07.02.03.01	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ PARA MUROS	m3	22.00	313.02	6,886.44
07.02.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE MUROS	m2	175.00	41.47	7,257.25
07.02.03.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60 EN MUROS	Kg.	3,900.00	4.47	17,433.00
07.02.04	<b>VIGAS</b>				34,092.23
07.02.04.01	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ PARA VIGAS	m3	21.00	332.77	6,988.17
07.02.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE VIGAS	m2	166.00	39.41	6,542.06
07.02.04.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60 EN COLUMNAS	Kg.	4,600.00	4.47	20,562.00
07.02.05	<b>COLUMNAS</b>				39,658.54
07.02.05.01	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ PARA COLUMNAS	m3	34.00	337.65	11,480.10
07.02.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE COLUMNAS	m2	194.00	39.26	7,616.44
07.02.05.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60 EN COLUMNAS	Kg.	4,600.00	4.47	20,562.00
07.02.06	<b>POZA DE DESCARGA</b>				133,428.67
07.02.06.01	CONCRETO $f_c=245\text{kg/cm}^2$	m3	179.00	339.48	60,766.92
07.02.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARA VISTA EN MUROS	m2	475.00	79.57	37,795.75
07.02.06.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60 EN MUROS	Kg.	7,800.00	4.47	34,866.00
07.02.07	<b>CANAL DE DESCARGA</b>				145,264.30
07.02.07.01	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ EN CANAL	m3	162.00	337.65	54,699.30
07.02.07.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARA VISTA EN MUROS	m2	700.00	79.57	55,699.00
07.02.07.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60 EN MUROS	Kg.	7,800.00	4.47	34,866.00
07.02.08	<b>LOSA DE PONTON</b>				335,210.59
07.02.08.01	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60 EN LOSA	Kg.	17.00	4.47	75.99
07.02.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSA	m2	80.00	39.41	2,364.60
07.02.08.03	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ EN LOSA	m3	1,000.00	332.77	332,770.00
07.02.09	<b>DUCTOS Y CANALETAS</b>				28,517.06
07.02.09.01	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ DUCTOS Y CANALETAS	m3	35.00	316.87	11,090.45
07.02.09.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA	m2	311.00	31.60	9,827.60
07.02.09.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60 EN CANALETAS Y DUCTOS	Kg.	1,700.00	4.47	7,599.00
07.02.10	<b>ESCALERA</b>				1,269.45
07.02.10.01	CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ ESCALERA	m3	1.80	316.87	570.37
07.02.10.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN ESCALERAS	m2	11.16	39.41	439.82
07.02.10.03	ACERO $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ GRADO 60 EN ESCALERA	Kg.	58.00	4.47	259.26
07.03	<b>ESTRUCTURA METALICA</b>				53,112.00
07.03.01	FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA	Kg.	2,000.00	19.49	38,980.00
07.03.02	PROVISION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA	m2	400.00	35.33	14,132.00

Fecha : 20/05/2013 04:24:47p.m.

Subpresupuesto 001 CENTRAL HIDROELECTRICA DE COELVIHIDRO II-15MW

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
07.04	ARQUITECTURA				164,270.47
07.04.01	ALBANILERIA				36,617.76
07.04.01.01	MURO DE CABEZA LADRILLO KK 18 HUECOS	m2	431.00	84.96	36,617.76
07.04.02	PISOS Y PAVIMENTOS				12,374.08
07.04.02.01	CONCRETO PARA VEREDAS, E=0.15M, Fc=175kg/cm2	m2	112.00	47.83	5,366.96
07.04.02.02	PISO PULIDO DE E=10CM, Fc=175kg/cm2	m2	198.00	35.44	7,017.12
07.04.03	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS				22,348.30
07.04.03.01	TARRAJEO INTERIOR, C.A, E=0.15M, Fc=175kg/cm2	m2	535.00	17.34	9,276.90
07.04.03.02	TARRAJEO EXTERIOR, C.A, E=0.15M, Fc=175kg/cm2	m2	610.00	19.25	11,742.50
07.04.03.03	VESTIDURA DE DERRAMES	m.	137.00	9.70	1,328.90
07.04.04	ZOCALO Y CONTRAZOCALOS				1,682.36
07.04.04.01	CONTRAZOCALO DE CEMENTO PULIDO, H=0.30M	m.	137.00	12.28	1,682.36
07.04.05	CARPINTERIA METALICA				74,020.67
07.04.05.01	FUERTAS Y VENTANAS METALICAS	Glb.	1.00	21,906.67	21,906.67
07.04.05.02	PROVISION E INSTALACION DE ESCALERA DE GATO DE ACCESO A CANAL DE DESCARGA	Und.	1.00	2,600.00	2,600.00
07.04.05.03	PROVISION E INSTALACION DE BARANDA METALICA EN ESCALERA DE ACCESO A CASA DE MAQUINAS	m.	350.00	80.00	28,000.00
07.04.05.04	PROVISION E INSTALACION DE PLANCHA ESTRIADA DE 1/4" EN CANALETAS	m.	150.00	139.80	20,970.00
07.04.05.05	PROVISION E INSTALACION DE TAPA METALICA DE ACCESO A CANAL DE DESCARGA	Und.	2.00	272.00	544.00
07.04.06	PINTURAS				17,227.30
07.04.06.01	PINTURA EN INTERIORES AL OLEO 2 MANOS	m2	535.00	11.70	6,259.50
07.04.06.02	PINTURA VINILICA 2 MANOS EN EXTERIORES	m2	610.00	17.98	10,967.80
07.05	INSTALACIONES ELECTRICAS				20,000.00
07.05.01	INSTALACIONES ELECTRICAS INTERIORES	Glb.	1.00	20,000.00	20,000.00
07.06	INSTALACIONES SANITARIAS				
07.07	INSTALACIONES SANITARIAS	Glb.	1.00	10,000.00	10,000.00
08	SUMINISTRO Y MONTAJE DE EQUIPO ELECTROMECHANICO				13,874,504.28
08.01	SUMINISTRO DE EQUIPO ELECTROMECHANICO				10,079,075.78
08.01.01	ADQUISICION DE EQUIPOS ELECTROMECHANICOS	Glb.	1.00	10,079,075.78	10,079,075.78
08.02	MONTAJE ELECTROMECHANICO				1,079,000.00
08.02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	Glb.	1.00	80,000.00	80,000.00
08.02.02	MONTAJE DE VALVULA ESFERICA	eq	3.00	14,000.00	42,000.00
08.02.03	MONTAJE TURBINA FRANCIS	eq	3.00	35,000.00	105,000.00
08.02.04	MONTAJE ALTERNADOR	eq	3.00	80,000.00	240,000.00
08.02.05	MONTAJE SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL	eq	3.00	60,000.00	180,000.00
08.02.06	MONTAJE SISTEMA DE EXITACION DE ALTERNADOR	eq	3.00	6,000.00	18,000.00
08.02.07	MONTAJE REGULADOR DE VELOCIDAD	eq	3.00	34,000.00	102,000.00
08.02.08	MONTAJE CELDA INTERRUPTOR	eq	3.00	8,000.00	24,000.00
08.02.09	MONTAJE CELDA PROTECCION NEUTRO ALTERNADOR	eq	3.00	6,000.00	18,000.00
08.02.10	MONTAJE SISTEMA SCADA	eq	1.00	70,000.00	70,000.00
08.02.11	MONTAJE DE PUENTE GRUA	eq	1.00	80,000.00	80,000.00
08.02.12	PRUEBAS DE ENTREGA	eq	1.00	50,000.00	50,000.00
08.02.13	MALLA DE PUESTA A TIERRA	eq	2.00	25,000.00	50,000.00
08.02.14	MONTAJE BANCO DE BATERIAS DE RESPALDO	eq	1.00	20,000.00	20,000.00
08.03	MONTAJE DE TUBERIA FORZADA				2,546,428.50
08.03.01	MONTAJE DE TUBERIA FORZADA	m.	1.00	2,546,428.50	2,546,428.50
08.04	OBRAS CIVILES DE MONTAJE ELECTROMECHANICO				170,000.00
08.04.01	CIMENTACION DE EQUIPOS ELECTROMECHANICOS	Glb.	1.00	170,000.00	170,000.00

Fecha: 20/05/2013 04:24:47p.m.

## **2.5. Evaluación económica financiera**

### **2.5.1. Introducción**

La evaluación económica se desarrollará para estimar los costos reales que demandará y los beneficios que generará la construcción la Central Hidroeléctrica Coelvihidro II; analizados desde el punto de vista del inversionista privado (Empresa).

Para la evaluación económica de la Central Hidroeléctrica Coelvihidro II, de 15 MW en Sayán propuesta, esta ha sido seleccionada bajo el criterio de “mínimo costo”, por lo tanto, está considerada como la más económica.

El objeto fundamental de la evaluación es aportar un conjunto de criterios que permitan, al agente de crédito que puede ser la empresa, el estado, banca comercial o banca de desarrollo, tener elementos para la toma de decisiones con relación a la inversión del proyecto.

En el presente proyecto los beneficios que podrá obtener la empresa estarán dados por la mayor generación de energía que permitirá autoabastecer el mercado que maneja, asimismo posibilita la expansión del sistema al permitir tomar nuevos usuarios, especialmente cargas agroindustriales y pozos de bombeo del sector agrícola, que en la actualidad no cuentan con energía eléctrica.

En tanto que los costos estarán dados por la inversión que demandará el proyecto, los costos de operación y mantenimiento del sistema de generación, los aportes al COES, a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y los aportes a Organismos.

La evaluación se ha realizado según lo estipulado en la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento:

- a) Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844 del 19 de noviembre de 1992.
- b) Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas. Decreto Supremo N° 009-93-EM del 25 de febrero de 1993.
- c) Decreto Legislativo de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables. Decreto Legislativo N° 1002.

### **2.5.2. Análisis beneficio costo**

Para la presente evaluación económica se utilizará el método de análisis Beneficio Costo, que es un medio sistemático para medir los efectos netos de las inversiones en un proyecto determinado, desde el punto de vista del empresario.

El método beneficio costo, para este análisis, se hará utilizando precios de mercado, incluidos los aranceles, para todos los insumos y productos y las transacciones de endeudamiento que emanan del proyecto, a fin de determinar si el proyecto será suficientemente rentable para la empresa y justifique la inversión.

### **2.5.3. Consideraciones previas al análisis beneficio costo**

#### **Presentación del Proyecto**

El proyecto materia del presente análisis abarca la Central Hidroeléctrica Coelvihidro II, de 15 MW ubicada en Sayán.

El proyecto tiene como objetivos desarrollar las obras que sean necesarias para atender a nuestros actuales clientes y atender la demanda creciente de energía eléctrica, a fin de obtener una mayor potencia instalada para ofertar y otorgar mejores condiciones al mercado.

Se debe considerar que actualmente la empresa tiene un déficit de generación para la atención a clientes regulados de 24.33 MW que será asumida en gran parte por la Central Hidroeléctrica Coelvihidro II – 15 MW – Sayán.



## **Formulación del Análisis**

El tratamiento que se dará al proyecto para la evaluación económica es la de un proyecto marginal en la medida que es independiente de los costos y/o beneficios que se obtengan de otros proyectos que puedan desarrollarse en la zona de influencia del proyecto y en el horizonte de estudio.

La evaluación económica ha sido realizada desde el punto de vista empresarial, se asume valores standard para estimar pérdidas en las líneas, gastos operativos, etc. Respecto a los precios de venta de potencia se han asumido los vigentes en la última regulación tarifaria utilizados conservadoramente ajustes por valores hasta el 20%. Respecto a los precios de venta de energía se ha asumido los precios en barra de generación en Lima dada en la última datación tarifaria en el año 2014.

Las actividades de la empresa se realizarán bajo el ámbito de la Ley de Concesiones Eléctricas, de acuerdo con un contrato de concesión de distribución de electricidad con el Ministerio de Energía y Minas, teniendo el derecho exclusivo de la generación.

La ejecución del proyecto considera que la Central Hidroeléctrica Coelvihidro II, permitirá cubrir la demanda total existente en la zona de Andahuasi y parcialmente en la zona de Villacurí, zonas de concesión de distribución que tiene la Empresa.

La evaluación económica se desarrollará para la alternativa de mínimo costo, en la medida que ello es la garantía de mayor rentabilidad. La razón de este criterio es que la solución de “mínimo costo” es la de menor costo total dentro de un grupo de alternativas que ofrecen los mismos beneficios.

## **2.5.4. Costos**

### **Costos de Inversión**

La presente evaluación económica se realiza para la configuración definida en el Memoria Descriptiva del Proyecto.

Todos los costos están expresados en dólares americanos, incluyen suministro, montaje, transporte, gastos generales, utilidades, no incluye IGV, y son los mostrados en la Tabla 5.

Presupuesto del proyecto

### **Costos de Operación y Mantenimiento**

Los Costos de Operación y Mantenimiento del proyecto que se han estimado es del 0.45% de la energía neta anual generada en el Proyecto.

Estos costos corresponden a materiales, renovaciones de maquinarias, repuestos y servicios requeridos en la etapa operativa de las instalaciones.

### **Costos de Seguros y Administrativos**

Los Costos de Seguros y Administrativos del proyecto que se han estimado es del 0.50% de la energía neta anual generada en el Proyecto.

Estos costos corresponden a los sueldos, salarios, movilidad y otros gastos administrativos.

### **Precio de Energía**

El precio unitario de venta de energía ha sido considerado de acuerdo con el sistema tarifario vigente en la última regulación tarifario del Osinergmin durante el año 2014.

### **Costos de pérdidas de energía**

Las pérdidas de energía que demandará la operación del Proyecto, serán las pérdidas por consumo interno del 1% del bruto de la energía generada y pérdidas de transmisión por el uso

de una línea de transmisión de 60kV y de longitud de 15 km, del 2% del bruto de la energía generada.

#### **2.5.5. Los beneficios**

Los beneficios del proyecto estarán dados por la venta de energía en la zona de concesión de distribución eléctrica, tomando como base el pliego tarifario correspondiente al Sistema Eléctrico de COELVISAC, en las zonas de Villacurí, Andahausi, Illimo y Olmos, de acuerdo a las tarifas para sus suministros.

#### **2.5.6. Parámetros y premisas de evaluación**

##### **a) Nivel General de Precios**

Todos los análisis económicos se han realizado a precios constantes y correspondientes a la regulación tarifaria publicada por Osinergmin en el año 2014.

##### **b) Tasa de Descuento**

La tasa de descuento utilizada en todas las etapas de la evaluación económica es del 12%

##### **c) Horizonte de Evaluación**

El período para considerar en el análisis beneficio-costos del proyecto está acotado por el período de análisis de mínimo costo descrito en el capítulo correspondiente.

Se ha adoptado 20 años como el período de evaluación del proyecto.

##### **d) Resumen**

El resumen de los parámetros o premisas utilizadas para efectuar las proyecciones económicas referidas a ingresos, costos, período de evaluación, tarifas, mercado y otros.

En la evaluación financiera se asumió: financiamiento bancario por el 70% de la inversión del proyecto, a tasa de 10%, sin período de gracia y repago de 7 años y el capital del accionista será del 30% de la inversión del proyecto.

### 2.5.7. Indicadores de rentabilidad

Los resultados de la evaluación económica se presentan a través de los siguientes indicadores de rentabilidad.

#### Valor Actual Neto (VAN):

- El VAN es la diferencia entre el valor presente de los flujos de efectivo de entrada y el valor presente de los flujos de efectivo de salida a lo largo de la vida útil del proyecto.
- Para calcularlo, se descuentan todos los flujos de efectivo (tanto de ingresos como de costos) al valor presente, utilizando una tasa de descuento que refleje el costo del capital o la tasa mínima de retorno requerida.
- Fórmula del VAN:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{\text{Flujos de efectivo en el año } t}{(1 + \text{tasa de descuento})^t}$$

- Un VAN positivo indica que el proyecto genera valor sobre el costo del capital invertido.

#### Tasa Interna de Retorno (TIR):

- La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN del proyecto sea igual a cero.
- Se calcula iterativamente, encontrando la tasa de descuento que iguala los ingresos y los costos presentes.

- Una TIR superior a la tasa de descuento utilizada para el VAN sugiere que el proyecto es financieramente viable.
- Para encontrar la TIR, debemos ajustar la tasa de descuento ( $r$ ) hasta que el VAN sea igual a cero. Matemáticamente, la TIR es la solución a la siguiente ecuación:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{\text{Flujos de efectivo en el año } t}{(1 + TIR)^t}$$

### 2.5.8. Resultados

De acuerdo con las consideraciones generales y parámetros indicados, se ha elaborado el flujo de costos y beneficios, asumiendo que la empresa financiará el 30% del proyecto y el 70% financiado por una entidad financiera y/o inversionista, los indicadores económicos resultantes son los siguientes:

Valor Actual Neto (VAN) = miles US\$ 4,467.27

Interna de Retorno (TIR) = 19.1%

Según nos indican los resultados obtenidos, el proyecto es económicamente rentable para los niveles de inversiones y la tarifa base de los ingresos.

### 2.5.9. Análisis de sensibilidad

Las variables que influyen en los costos del proyecto son:

1. Precio de compra de energía
2. Costo de Operación y Mantenimiento
3. Costo de Financiamiento
4. Inversión del Proyecto

Con los costos y beneficios del proyecto se ha llegado a los siguientes indicadores que se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 6. Sensibilidad de variables

	RANGOS DE SENSIBILIDAD	SENSIBILIDAD							
		Descripción		Proyecto		Mínimo		Máximo	
		Mínimo	Máximo	VAN (financiero)	TIR (financiero)	VAN (financiero)	TIR (financiero)	VAN (financiero)	TIR (financiero)
Escenario 1	Compra de Energía	-10%	10%	4,467	19.1%	1,392	14.0%	7,618	19.6%
Escenario 2	Operación y Mantenimiento	-10%	10%	4,467	19.1%	3,542	17.1%	3,091	16.4%
Escenario 3	Costo de Financiamiento	-5%	20%	4,467	19.1%	3,577	17.2%	2,723	15.8%
Escenario 4	Inversión	-10%	10%	4,467	19.1%	4,756	19.7%	1,889	14.4%

Fuente: Coelvisac

## 2.6. Accesos al área del proyecto

El sistema vial comprende la carretera Panamericana que cruza longitudinalmente la parte baja del área del valle, conectando con el resto de la costa peruana.

El Proyecto se encuentra dentro del distrito de Sayán, para llegar a la zona del proyecto desde Lima, se toma la Panamericana Norte hasta Huaura, haciendo un recorrido de 144 km, luego se toma el desvío a Sayán, siendo una carretera asfaltada de 48 km, con dirección al Este y de allí por carretera semi - afirmada con dirección al Norte que penetra a la Sierra de Oyón, estando el Puente Alco a unos 14.6 km, haciendo un total de 200 km hasta el punto de Captación.

## 2.7. Infraestructura de servicios

La zona donde se ejecutará el Proyecto se ubica en la margen izquierda del río Huaura (en dirección del río), cerca de las localidades de Pedregal, Tres Montones, La Palma y Quintay.

En la zona misma del Proyecto no se cuenta con red de agua potable, ni sistema de alcantarillado municipal, ni red eléctrica, ni red de gas natural, ni un sistema municipal de captación de aguas de lluvia. No obstante, es necesario mencionar que el Proyecto se ubica en una zona inhabitada, los centros poblados cercanos si cuentan con servicio de energía eléctrica.

## CAPÍTULO III: COMPONENTES DEL PROYECTO

### 3.1. Generalidades

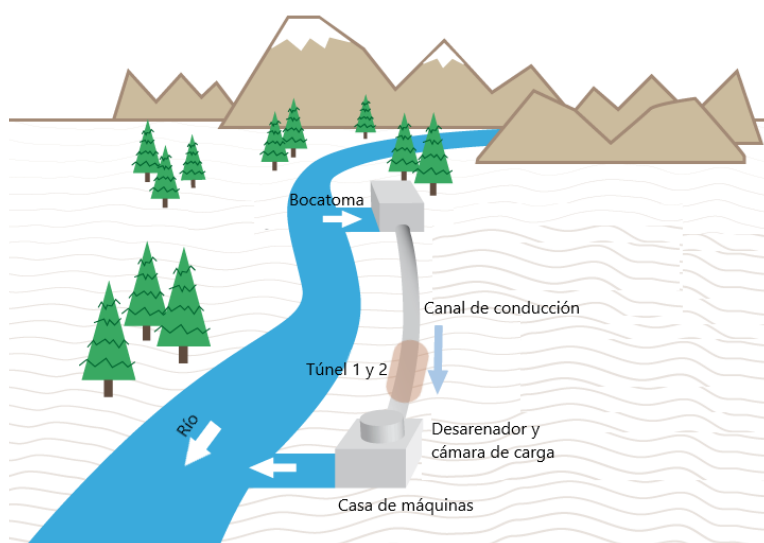
La Central Hidroeléctrica Coelvihidro II aprovechará un caudal de  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ , en un salto neto de 146 m para generar 15 MW y producir una media anual facturable de 116,068 MWh. El Proyecto se desarrolla sobre la margen izquierda del río Huaura entre las localidades de Alco y Sayán en el Distrito de Sayán, Provincia de Huaura, Departamento de Lima.

El esquema de la Central está constituido por una bocatoma, canal, túnel, desarenador, cámara de carga y casa de máquinas. La conducción se realiza en presión a través de un canal de 7,500 m de longitud, y dos tunces de 500 m y 940 m.

La Casa de Maquinas tendrá un área aproximada de  $320 \text{ m}^2$  y albergará dos unidades generadoras Franklin siendo la energía producida evacuada por cables en 13,8 kV hacia el patio de llaves. En el patio de llaves se ubicarán un transformador trifásico de 18 MVA 13,8/66 kV.

Las aguas turbinadas serán descargas al río San Huaura a través de un canal de descarga de 100 m. El esquema de componentes del Proyecto se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Componentes del Proyecto



Fuente: Coelvisac

### **3.2. Obras de captación**

Para el diseño de todos los componentes se tiene en cuenta los siguientes factores esenciales:

#### Sedimento

El agua del río Huaura acarrea pequeñas partículas de material duro y abrasivo (sedimento) que pueden ocasionar daños considerables a la turbina, así como su rápido desgaste, si no son extraídas antes de que el agua ingrese a la turbina de presión. El sedimento puede producir el bloqueo de la toma en caso de que el barraje y el ingreso al canal no se encuentren correctamente ubicados.

#### Caudal adecuado

El caudal del río Huaura varía durante el año, debido a ello se considera un caudal cercano al mínimo disponible para el diseño. La Central Hidroeléctrica está diseñada para captar un caudal constante de  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Si ocurriera una sobrecarga en el canal, inevitablemente se producirán daños. La bocatoma deberá, derivar el caudal adecuado hacia el canal, considerando que el río tenga mucha o poca cantidad de agua. La función principal del barraje es asegurar que el caudal del canal se mantenga incluso en época de estiaje. Por otro lado, la función principal de la estructura de la toma del canal es regular el caudal dentro de los límites razonables cuando el río tiene mucho volumen de agua. Posteriormente los aliviaderos controlan o regulan la cantidad de agua del canal.

#### Avenidas

Se debe tener especial atención a las avenidas. Las aguas de la avenida acarrearán gran cantidad de material e incluso hacen que grandes piedras rueden a lo largo del lecho del río pudiendo



causar daños en el barraje de derivación, la estructura de la toma del canal y los muros de encauce y el diseño a realizar deberá ser realizado cuidadosamente.

### Turbulencia

Otro punto importante a tener en cuenta es el efecto de la turbulencia en el flujo del agua. Evitándose cambios bruscos de dirección en la bocatoma y el canal que crean turbulencias que erosionan las estructuras, ocasionando pérdidas de energía y acarreo de sedimentos.

### Pérdidas del salto

La tubería de presión ha sido dimensionada según el diámetro económico de manera tal que las pérdidas por fricción estén dentro de los márgenes adecuados.

### Golpe de Ariete

El diseño de los bloques de anclaje de las tuberías debe ser suficientemente fuerte como para soportar las sobrepresiones y depresiones muy altas llamadas golpes de ariete que se producen cuando el flujo del agua por la tubería se detiene bruscamente.

## **3.3. Componentes hidráulicos**

### **3.3.1. Bocatoma**

#### Ubicación

Según la topografía, la geología, el comportamiento de los suelos y, principalmente de las variaciones hidrológicas del lugar, la ubicación más apropiada para la bocatoma es en un tramo recto y estable del río.

El punto de captación está ubicado en el lecho del río Huaura a 980 msnm. En la progresiva km. 0+000 de recorrido del canal (Punto de Inicio).

Las características generales de la bocatoma son las siguientes:

Caudal de diseño	:	12.00 m <sup>3</sup> /s.
Cota de captación del canal de conducción	:	980.00 msnm.
Cota final del canal de conducción	:	955.00 msnm.

Figura 9. Ubicación de la Bocatoma



Fuente: Ingeniería del Proyecto

Factores que se tienen en cuenta para el diseño de la bocatoma

- Curso del río (tramo curvo o tramo recto).
- Configuración del terreno (pendiente del cauce, ancho del valle).
- Caudal del río.
- Nivel de aguas mínimas y máximas ordinarias.
- Acarreo de materiales (frecuencia de acarreo, tamaño de materiales acarreados, materiales de fondo, materiales de suspensión).
- Geología del lugar del emplazamiento, capacidad portante de los suelos.

## Partes de la Bocatoma

**Barraje:** Proyectado en sentido transversal del río, eleva el nivel de las aguas con fines de captación, siempre y cuando sea necesario. Es decir, en aquellos casos en que el tirante del río no sea lo suficientemente grande y no abastezca los requisitos de captación.

**Descarga de Fondo:** Es la compuerta metálica que sirve para eliminar los materiales de acarreo que se acumulan delante del barraje. La compuerta es parte del barraje.

**Solera de Captación:** Es una losa a desnivel respecto al piso de la bocatoma cuyo objetivo es crear un pozo de sedimentación donde se depositen los materiales de suspensión.

**Antecámara o zona de decantación:** Es la zona que recibe y acumula los materiales de acarreo del río. Su cota será la misma que la del río y aproximadamente 30 cm. Menor que la solera de captación.

**Reja de Admisión:** Es una reja de 5cm. de abertura como máximo, colocada antes de la compuerta de admisión de agua al canal de conducción. Esta reja impedirá el ingreso de piedras y materiales flotantes que puedan afectar el funcionamiento del canal.

**Compuerta:** La compuerta metálica sirve para controlar, regular o impedir el acceso de agua del río al canal de conducción.

**Canal de aducción:** Construida de concreto armado y con una pendiente, conduce el agua que parte de la compuerta hacia un vertedero de alivio.

**Vertederos o Aliviaderos:** El vertedero facilita la evacuación de caudales de agua excedentes o superiores a los que se desean captar. Durante las crecidas los caudales excepcionales serán evacuados por los vertederos. Si dichos caudales llegaran a ingresar al sistema podrían generar problemas de imprevisibles consecuencias, pues cumplen también una función de protección.

**Desarenador:** Elemento fundamental para eliminar material sólido y de suspensión, especialmente en época de lluvias cuando los ríos acarrean abundantes materiales sólidos, tanto de fondo como en suspensión, debido a la erosión que provocarán en todo su recorrido. Las partículas con diámetros superiores a 0.2 mm ocasionan daños en las turbinas por lo que deberán ser retenidas y eliminadas.

**Contrasolera y colchón de agua:** La contrasolera al igual que el barrage tienen la finalidad de formar un pozo artificial que amortigüe la caída de las aguas. Pues al elevar las aguas del río para hacer posible su captación, el barrage crea alturas de carga que podrían provocar erosión en el lecho del río al momento de su caída, afectando con ello la estabilidad de toda la estructura de la toma. A fin de prevenir esta actividad erosiva es que se construyen los pozos artificiales.

En el Anexo II se presentan el plano de planta de la bocatoma y plano de planta y corte de desarenador N° 1

### **3.3.2. Canal de conducción**

El canal de conducción es de concreto armado, de sección rectangular de 4.10 m. de ancho por 2.00 m de altura. Tiene una longitud de 7,700 m y un perímetro mojado de 7.18 m.

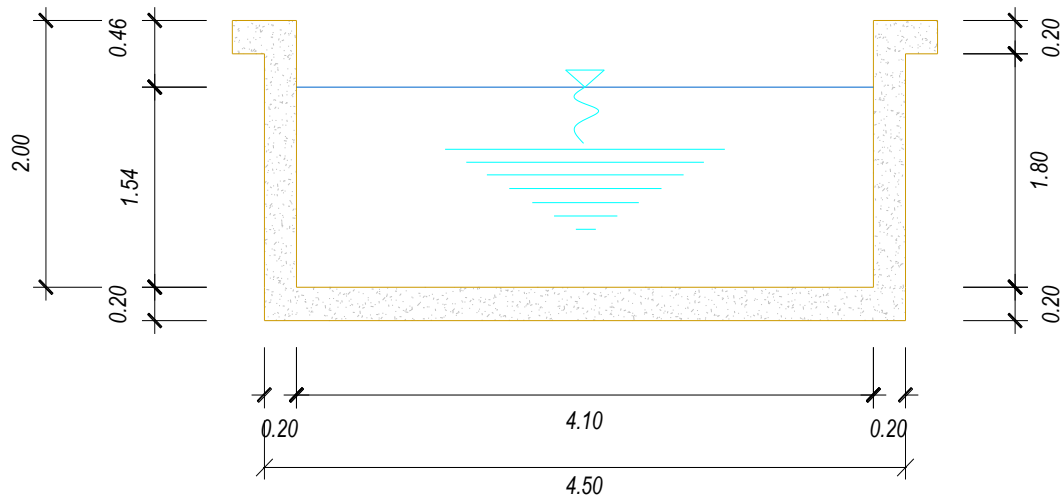
Está diseñado para un caudal  $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$ , obteniéndose una velocidad máxima  $V = 1.90 \text{ m/s}$ , pendiente de 0.2%

Para el diseño del canal de conducción se tomó en cuenta los siguientes factores:

- Sección y ángulo de talud del canal.
- Velocidad del agua en el canal.
- Rugosidad.
- Borde libre.

La Figura 10 muestra la sección típica del caudal y la Figura 11 muestra el canal de conducción proyectado en laderas de cerro

Figura 10. Sección típica de canal



Fuente: Ingeniería del Proyecto

Figura 11. Canal de conducción proyectado en laderas de cerro



Fuente: Ingeniería del Proyecto

En el Anexo II se adjunta el plano de planta y perfil longitudinal del canal de conducción y el túnel N°1 y N°2

### **3.3.3. Túnel**

Existen 02 túneles en el recorrido del canal:

#### Primer túnel:

Longitud 500 m

Inicia: Progresiva 3 + 380

Termina: Progresiva 3 + 880

#### Segundo túnel:

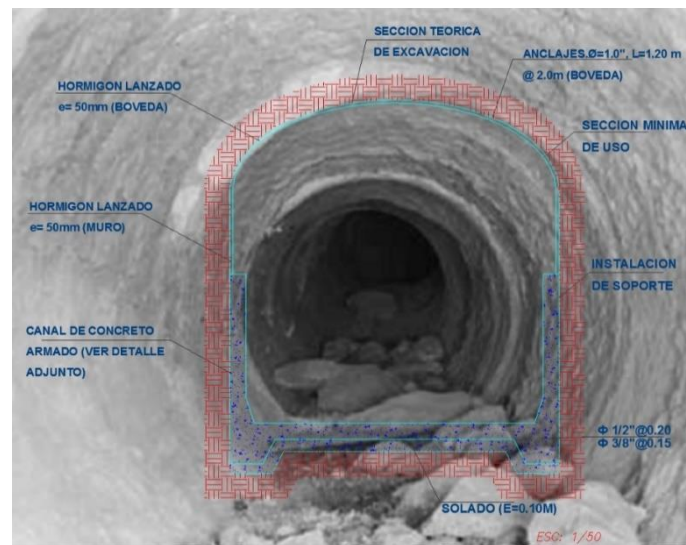
Longitud 940 m

Inicia: Progresiva 5 + 720

Termina: Progresiva 6 + 660

En total se construirá 1440 metros de túnel. La sección del túnel es 4 x 4 m. de base y una sección ovalada en la parte superior. La Figura 12 señala la sección típica del túnel y la Figura 13 muestra el lugar de perforación para túnel.

Figura 12. Sección típica de Túnel N°1 y N°2



Fuente: Ingeniería del Proyecto

Figura 13. Lugar de perforación para túnel



Fuente: Ingeniería del Proyecto

### 3.3.4. Desarenador y cámara de carga

El desarenador se encuentra ubicado inmediatamente antes de la cámara de carga; ambos se encuentran en una zona rocosa. El desarenador está conformado por una nave de forma

trapezoidal con sus paredes con inclinación de 37°, será de concreto armado. Ambos se encuentran a una cota de 955 m.s.n.m.

Las características principales del desarenador y la cámara de carga son:

Longitud del desarenador	:	39.2 m.
Ancho del desarenador	:	6.50 m.
Longitud de cámara de carga	:	5.50 m.
Ancho de cámara de carga	:	5.00 m.

El desarenador es muy importante, pues el agua captada del río y conducida a la turbina transporta pequeñas partículas de materia sólida en suspensión compuesta de materiales abrasivos (como arena) que ocasionan el rápido desgaste de los álabes de la turbina, para eliminar este material se usan los desarenadores. En ellos la velocidad del agua es reducida, con el objeto de que las partículas de arenas o piedras se asienten en el fondo de donde podrán ser removidas por un canal de purga. Es necesario que el sedimento se asiente tanto a la entrada del canal como a la entrada de la tubería o cámara de carga. Ver Figura 14.

Se ha tenido especial cuidado de que el desarenador y la cámara de carga cumplan con los siguientes principios:

- Deben tener una longitud y un ancho adecuados para que los sedimentos se depositen, sin ser demasiados voluminosos o caros.
- Deben permitir una fácil eliminación de los depósitos.
- La eliminación de sedimento a través de la compuerta debe hacerse cuidadosamente para evitar la erosión del suelo que rodea y soporta la base de la tubería y del depósito.
- Se debe impedir la turbulencia del agua causada por los cambios de área o recodos que harían que los sedimentos pasen hacia la tubería de presión.



- Tener capacidad suficiente para permitir la acumulación de sedimentos.

Figura 14. Ubicación del Desarenador y Cámara de Carga



Fuente: Ingeniería del Proyecto

En el Anexo II se adjunta el plano de planta del desarenador y la cámara de carga, el plano de ubicación desarenador N°2 y cámara de carga, el plano de planta y corte del desarenador N°1 y desarenador N°2, y el plano de detalles de canal de conducción y túnel.

### **3.3.5. Casa de máquinas**

La casa de máquinas tiene un área aproximada de 320 m<sup>2</sup>, estará ubicada a 820 msnm. es de material noble, los muros son de ladrillo, las columnas y vigas son de concreto armado, el piso es de cemento pulido, el techo estará conformado por tijerales metálicos y con cobertura de planchas onduladas, la puerta principal de plancha metálica, y las ventanas de perfiles de fierro con vidrios simples. Ver Figura 15 la zona de ubicación de la casa de máquinas.

La subestación eléctrica es exterior y con una malla divisoria de seguridad.

Figura 15. Ubicación de la casa de máquinas



Fuente: Ingeniería del Proyecto

### 3.3.6. Canal de descarga

Este canal utilizado para evacuar el agua turbinada tiene una longitud de 100.00 m. aproximadamente, es de concreto armado. Primero el agua turbinada llega a la poza de descarga que se encuentra debajo de la casa de máquinas de allí parte el canal entregando luego el agua nuevamente al río. Ver Figura 16.

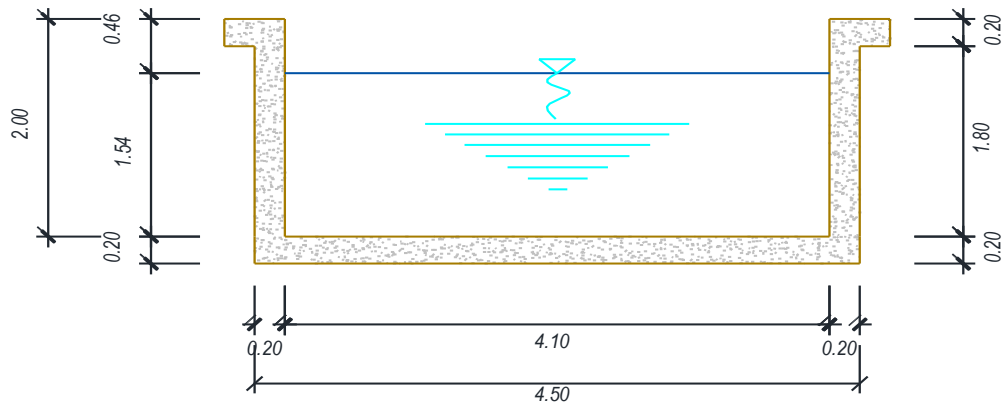
Las características principales del canal de descarga son las siguientes:

Ancho : 4.100 m.

Altura : 2.00 m.

Pendiente : 0.200 %

Figura 16. Sección típica de canal de descarga



Fuente: Ingeniería del Proyecto

La Figura 17 muestra la zona por donde estará la trayectoria del canal de descarga la misma que trasporta las aguas turbinadas de la central.

Figura 17. Trayectoria del canal de descarga



Fuente: Ingeniería del Proyecto

### 3.4. Cálculos justificativos de las componentes

#### 3.4.1. Cálculos justificativos de la bocatoma

**Datos:**

- **Caudal de diseño ( $Q$ ):** 12 m<sup>3</sup>/s
- **Velocidad de entrada ( $V$ ):** 0.75 m/s (asumida)

**Cálculos:**

- a) **Velocidad de Entrada ( $V$ ):** La velocidad de entrada debe ser adecuada para evitar la entrada de sedimentos y escombros grandes. Típicamente se usa una velocidad de 0.5 - 1.0 m/s.

$$Q = A \times V$$

Donde:

- $Q$  es el caudal (m<sup>3</sup>/s)
- $A$  es el área de la entrada de la bocatoma (m<sup>2</sup>)
- $V$  es la velocidad del agua (m/s)

Si consideramos una velocidad de entrada de 0.75 m/s, podemos calcular el área de la bocatoma:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{12 \text{ m}^3/\text{s}}{0.75 \text{ m/s}} = 16 \text{ m}^2$$

Suponemos una entrada rectangular con una relación de aspecto razonable, por ejemplo, 4 × 4 metros:

$$A = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 16 \text{ m}^2$$

## b) Cálculo de las Pérdidas de Carga:

Para calcular las pérdidas de carga en la bocatoma, utilizamos la fórmula de pérdidas de carga en una entrada de flujo abierta, conocida como fórmula de pérdidas de carga por entrada:

$$h_f = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- $h_f$  = pérdida de carga (m)
- $K$  = coeficiente de pérdidas de carga (asumimos  $K = 0.5$  para una entrada bien diseñada)
- $V$  = velocidad de entrada (m/s)
- $g$  = aceleración debido a la gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

Sustituyendo los valores:

$$h_f = 0.5 \cdot \frac{(0.75 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \approx 0.0143 \text{ m}$$

### Resumen

- **Área de Entrada:**  $16 \text{ m}^2$  (dimensiones  $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ )
- **Pérdida de Carga:** Aproximadamente  $0.0143 \text{ m}$

Estos cálculos justifican las dimensiones seleccionadas para la bocatoma y las pérdidas de carga esperadas con una velocidad de entrada de  $0.75 \text{ m/s}$ .

### 3.4.2. Cálculos justificativos del canal de conducción

**Datos:**

- **Caudal de diseño ( $Q$ ):**  $12 \text{ m}^3/\text{s}$

- **Velocidad media ( $V$ ):** 1.9 m/s (asumida)

### **Cálculos:**

#### **a) Área Requerida del Canal ( $A$ ):**

Utilizamos la ecuación de continuidad para calcular el área del canal:

$$Q = A \cdot V$$

Despejamos el área ( $A$ ):

$$A = \frac{Q}{V}$$

Sustituyendo los valores:

$$A = \frac{12 \text{ m}^3/\text{s}}{1.9 \text{ m/s}} \approx 6.32 \text{ m}^2$$

#### **b) Dimensiones del Canal:**

Suponemos una sección rectangular para el canal, con un ancho ( $b$ ) de 4.10 m y una altura ( $h$ ) de 2.00 m:

$$A = b \cdot h$$

Verificamos las dimensiones:

$$A = 4.10 \text{ m} \times 2.00 \text{ m} = 8.20 \text{ m}^2$$

Esto es mayor que el área requerida de 6.32 m<sup>2</sup>, proporcionando un margen de seguridad adecuado.

#### **c) Cálculo de las Pérdidas de Carga:**

Para calcular las pérdidas de carga en el canal, utilizamos la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- $h_f$  = pérdida de carga (m)
- $f$  = coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach (asumimos  $f=0.02$  para un canal de concreto)
- $L$  = longitud del canal (7,700 m)
- $D$  = diámetro hidráulico (para un canal rectangular,  $D = \frac{2bh}{b+h}$ )
- $V$  = velocidad del flujo (1.9 m/s)
- $g$  = aceleración debido a la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Calculamos el diámetro hidráulico ( $D$ ):

$$D = \frac{2 \cdot 4.10 \cdot 2.00}{4.10 + 2.00} \approx 1.37 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores en la fórmula de pérdidas de carga:

$$h_f = 0.02 \cdot \frac{7700}{1.37} \cdot \frac{(1.9 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \approx 12.84 \text{ m}$$

## Resumen

- **Área del Canal:** 8.20 m<sup>2</sup> (dimensiones 4.10 m x 2.00 m)
- **Pérdida de Carga:** Aproximadamente 12.84 m

Estos cálculos justifican las dimensiones seleccionadas para el canal de conducción y las pérdidas de carga esperadas con una velocidad media de 1.9 m/s.

### 3.4.3. Cálculos justificativos de túneles

#### Datos:

- **Caudal de diseño ( $Q$ ):** 12 m<sup>3</sup>/s
- **Velocidad media ( $V$ ):** 2 m/s (asumida)
- **Longitudes:**
  - Primer túnel: 500 m
  - Segundo túnel: 940 m
- **Dimensiones de la sección del túnel:**
  - Base: 4 m
  - Altura rectangular: 4 m
  - Altura total (incluyendo la sección ovalada): 5 m (asumida para esta parte del cálculo)

#### Cálculos:

##### a) Área del Túnel ( $A$ ):

La sección del túnel es una combinación de un rectángulo y una media elipse.

Calculamos el área total sumando las áreas de estas dos secciones.

- **Área del rectángulo:**  $A_{\text{rect}} = b \cdot h_{\text{rect}}$

$$A_{\text{rect}} = 4 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 16 \text{ m}^2$$

- **Área de la media elipse:**  $A_{\text{elipse}} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{b}{2} \cdot h_{\text{elipse}}$

Suponiendo que la altura de la media elipse es 1 m (para una altura total de 5 m):



$$A_{\text{elipse}} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{4}{2} \cdot 1 \text{ m} = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = \pi \text{ m}^2 \approx 3.14 \text{ m}^2$$

- **Área total del túnel:**

$$A = A_{\text{rect}} + A_{\text{elipse}} = 16 \text{ m}^2 + 3.14 \text{ m}^2 \approx 19.14 \text{ m}^2$$

## b) Cálculo de las Pérdidas de Carga:

Para calcular las pérdidas de carga en el túnel, utilizamos la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- $h_f$  = pérdida de carga (m)
- $f$  = coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach (asumimos  $f = 0.02$  para un túnel de concreto)
- $L$  = longitud del túnel (500 m para el primer túnel y 940 m para el segundo túnel)
- $D$  = diámetro hidráulico. Para una sección compuesta, el diámetro hidráulico  $D$  se calcula como:

$$D = \frac{4 \cdot \text{Área}}{\text{Perímetro mojado}}$$

- **Área total del túnel (A):** 19.14 m<sup>2</sup>
- **Perímetro mojado (P):** Para la sección compuesta, el perímetro mojado incluye los lados del rectángulo y el perímetro de la media elipse.

$$P_{\text{rect}} = 2 \cdot (b + h_{\text{rect}}) = 2 \cdot (4 + 4) = 16 \text{ m}$$

$$P_{\text{ellipse}} = \pi \cdot \left(\frac{a+b}{2}\right) = \pi \cdot \left(\frac{2+1}{2}\right) \approx 4.71 \text{ m}$$

- **Perímetro mojado total:**

$$P = P_{\text{rect}} + P_{\text{ellipse}} = 16 \text{ m} + 4.71 \text{ m} \approx 20.71 \text{ m}$$

- **Diámetro hidráulico:**

$$D = \frac{4 \cdot A}{P} = \frac{4 \cdot 19.14}{20.71} \approx 3.70 \text{ m}$$

Calculamos las pérdidas de carga para el primer túnel:

$$h_f = 0.02 \cdot \frac{500}{3.70} \cdot \frac{(2 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \approx 0.14 \text{ m}$$

Calculamos las pérdidas de carga para el segundo túnel:

$$h_f = 0.02 \cdot \frac{940}{3.70} \cdot \frac{(2 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \approx 0.27 \text{ m}$$

### Resumen

- **Área del Túnel:** 19.14 m<sup>2</sup> (dimensiones de la base 4 m x 4 m con una sección ovalada en la parte superior)
- **Pérdida de Carga:**
  - Primer túnel: Aproximadamente 0.14 m
  - Segundo túnel: Aproximadamente 0.27 m

Estos cálculos justifican las dimensiones seleccionadas para los túneles y las pérdidas de carga esperadas con una velocidad media de 2 m/s. Las dimensiones de 4 x 4 m para la base y una sección ovalada en la parte superior permiten un caudal adecuado y un diseño eficiente para el flujo de agua en la central hidroeléctrica Coelvihidro II.

### 3.4.4. Cálculos justificativos del desarenador

#### Datos:

- **Caudal de diseño ( $Q$ ):** 12 m<sup>3</sup>/s
- **Velocidad de sedimentación ( $V_s$ ):** 0.3 m/s (asumida)
- **Longitud del desarenador ( $L$ ):** 39.2 m
- **Ancho del desarenador ( $W$ ):** 6.3 m
- **Altura del desarenador ( $H$ ):** Asumimos una altura de 2 m para cálculos

#### Cálculos:

##### a) Tiempo de Retención ( $t$ ):

Para asegurar la eliminación de partículas, usamos la longitud ( $L$ ) y la velocidad de sedimentación ( $V_s$ ).

El tiempo de sedimentación ( $t_s$ ):

$$t_s = \frac{L}{V_s}$$

Sustituyendo los valores:

$$t_s = \frac{39.2 \text{ m}}{0.3 \text{ m/s}} \approx 130.67 \text{ s}$$

##### b) Volumen del Desarenador ( $V$ ):

$$V = L \cdot W \cdot H$$

Sustituyendo los valores:

$$V = 39.2 \text{ m} \cdot 6.3 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 493.92 \text{ m}^3$$

c) **Tiempo de Retención** ( $t$ ) usando el volumen:

$$t = \frac{V}{Q}$$

Sustituyendo los valores:

$$t = \frac{493.92 \text{ m}^3}{12 \text{ m}^3/\text{s}} \approx 41.16 \text{ s}$$

Observamos que el tiempo de retención calculado por el volumen es menor que el tiempo de sedimentación, lo que indica que las dimensiones elegidas son adecuadas para la eliminación de partículas sedimentables.

d) **Cálculo de las Pérdidas de Carga:**

Utilizamos la fórmula de pérdidas de carga en un canal rectangular para calcular las pérdidas de carga en el desarenador:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D_h} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- $h_f$  = pérdida de carga (m)
- $f$  = coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach (asumimos  $f = 0.02$ )
- $L$  = longitud del desarenador (39.2 m)
- $D_h$  = diámetro hidráulico, para un canal rectangular:

$$D_h = \frac{2 \cdot W \cdot H}{W + H}$$

Sustituyendo los valores:

$$D_h = \frac{2 \cdot 6.3 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}}{6.3 \text{ m} + 2 \text{ m}} = \frac{25.2}{8.3} \approx 3.04 \text{ m}$$

Sustituyendo en la fórmula de pérdidas de carga:

$$h_f = 0.02 \cdot \frac{39.2}{3.04} \cdot \frac{(0.75 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \approx 0.012 \text{ m}$$

### Resumen

- **Área del Desarenador:** 39.2 m de longitud x 6.3 m de ancho
- **Volumen del Desarenador:** 493.92 m<sup>3</sup>
- **Tiempo de Retención:** Aproximadamente 41.16 s
- **Pérdida de Carga:** Aproximadamente 0.012 m

Estos cálculos justifican las dimensiones seleccionadas para el desarenador y las pérdidas de carga esperadas con una velocidad de sedimentación de 0.3 m/s y un caudal de diseño de 12 m<sup>3</sup>/s.

### 3.4.5. Cálculos justificativos de la cámara de carga

#### Datos:

- **Caudal de diseño ( $Q$ ):** 12 m<sup>3</sup>/s
- **Dimensiones de la cámara de carga:**
  - Ancho ( $W$ ): 4.25 m
  - Longitud ( $L$ ): 4.25 m
  - Altura ( $H$ ): Calcularemos esta dimensión
- **Tiempo de retención necesario ( $t$ ):** Asumimos un tiempo de retención adecuado de 10 segundos para cálculos

### **Cálculos:**

#### **a) Volumen de la Cámara de Carga ( $V$ ):**

El volumen necesario para asegurar un tiempo de retención adecuado se calcula como:

$$V = Q \cdot t$$

Sustituyendo los valores:

$$V = 12 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 10 \text{ s} = 120 \text{ m}^3$$

#### **b) Altura de la Cámara de Carga ( $H$ ):**

El volumen de la cámara de carga también puede expresarse en términos de sus dimensiones:

$$V = L \cdot W \cdot H$$

Despejamos la altura ( $H$ ):

$$H = \frac{V}{L \cdot W}$$

Sustituyendo los valores:

$$H = \frac{120 \text{ m}^3}{4.25 \text{ m} \cdot 4.25 \text{ m}} \approx 6.66 \text{ m}$$

#### **c) Cálculo de las Pérdidas de Carga:**

Para calcular las pérdidas de carga en la cámara de carga, utilizamos la fórmula de pérdidas de carga debido a la entrada y salida del flujo. Asumimos que las pérdidas de carga principales están asociadas con la entrada del agua a la cámara de carga. Usamos la fórmula de pérdidas de carga por entrada:

$$h_f = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- $h_f$  = pérdida de carga (m)
- $K$  = coeficiente de pérdidas de carga (asumimos  $K = 0.5$  para una entrada bien diseñada)
- $V$  = velocidad de entrada (m/s)
- $g$  = aceleración debido a la gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

La velocidad de entrada ( $V$ ) se calcula a partir del caudal y el área de la sección transversal de entrada:

$$A_{\text{entrada}} = L \cdot W = 4.25 \text{ m} \times 4.25 \text{ m} = 18.06 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A_{\text{entrada}}} = \frac{12 \text{ m}^3/\text{s}}{18.06 \text{ m}^2} \approx 0.665 \text{ m/s}$$

Sustituyendo en la fórmula de pérdidas de carga:

$$h_f = 0.5 \cdot \frac{(0.665 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \approx 0.0113 \text{ m}$$

## Resumen

- **Volumen de la Cámara de Carga:**  $120 \text{ m}^3$
- **Dimensiones de la Cámara de Carga:**
  - Ancho:  $4.25 \text{ m}$
  - Longitud:  $4.25 \text{ m}$
  - Altura: Aproximadamente  $6.66 \text{ m}$

- **Pérdida de Carga:** Aproximadamente 0.0113 m

Estos cálculos justifican las dimensiones seleccionadas para la cámara de carga y las pérdidas de carga esperadas con un caudal de diseño de 12 m<sup>3</sup>/s y un tiempo de retención de 10 segundos.

### 3.4.6. Cálculos justificativos del canal de descarga

#### Datos:

- **Caudal de diseño ( $Q$ ):** 12 m<sup>3</sup>/s
- **Dimensiones del canal de descarga:**
  - Ancho ( $b$ ): 4.10 m
  - Altura ( $h$ ): 2.00 m
  - Longitud ( $L$ ): 100 m
- **Pendiente ( $S$ ):** 0.2% (0.002)

#### Cálculos:

##### a) Área del Canal ( $A$ ):

El área del canal se calcula como:

$$A = b \cdot h$$

Sustituyendo los valores:

$$A = 4.10 \text{ m} \times 2.00 \text{ m} = 8.20 \text{ m}^2$$

##### b) Velocidad del Flujo ( $V$ ):

La velocidad del flujo se calcula utilizando la ecuación de continuidad:



$$V = \frac{Q}{A}$$

Sustituyendo los valores:

$$V = \frac{12 \text{ m}^3/\text{s}}{8.20 \text{ m}^2} \approx 1.46 \text{ m/s}$$

**c) Cálculo de las Pérdidas de Carga:**

Para calcular las pérdidas de carga en el canal de descarga, utilizamos la fórmula de Manning para canales abiertos:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

donde:

- $V$  = velocidad del flujo (m/s)
- $n$  = coeficiente de rugosidad de Manning (asumimos  $n = 0.015$  para un canal de concreto)
- $R$  = radio hidráulico (m)
- $S$  = pendiente del canal

El radio hidráulico ( $R$ ) para una sección rectangular se calcula como:

$$R = \frac{A}{P}$$

donde  $P$  es el perímetro mojado:

$$P = b + 2h$$

Sustituyendo los valores:

$$P = 4.10 \text{ m} + 2 \cdot 2.00 \text{ m} = 8.10 \text{ m}$$

$$R = \frac{8.20 \text{ m}^2}{8.10 \text{ m}} \approx 1.01 \text{ m}$$

Sustituyendo en la fórmula de Manning para encontrar la velocidad del flujo y verificando:

$$V = \frac{1}{0.015} \cdot (1.01 \text{ m})^{2/3} \cdot (0.002)^{1/2} \approx 1.49 \text{ m/s}$$

Calculamos las pérdidas de carga utilizando la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D_h} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- $h_f$  = pérdida de carga (m)
- $f$  = coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach (asumimos  $f = 0.02$  para un canal de concreto)
- $L$  = longitud del canal (100 m)
- $D_h$  = diámetro hidráulico (calculado previamente como  $R$ )

Sustituyendo los valores:

$$h_f = 0.02 \cdot \frac{100}{1.01} \cdot \frac{(1.46 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} \approx 0.0217 \text{ m}$$

### Resumen

- **Área del Canal de Descarga:** 8.20 m<sup>2</sup> (dimensiones 4.10 m x 2.00 m)
- **Velocidad del Flujo:** Aproximadamente 1.46 m/s
- **Pérdida de Carga:** Aproximadamente 0.0217 m

Estos cálculos justifican las dimensiones seleccionadas para el canal de descarga y las pérdidas de carga esperadas con un caudal de diseño de 12 m<sup>3</sup>/s y una pendiente del 0.2%.

### 3.4.7. Cálculos justificativos de los generadores

#### Datos y Suposiciones:

- **Número de generadores:** 2
- **Potencia por generador requerida ( $P_g$ ):** 7.5 MW (7500 kW)
- **Potencia nominal del generador:** 8764 kW
- **Voltaje de salida ( $V$ ):** 13.8 kV
- **Eficiencia del generador ( $\eta$ ):** 95% (0.95)
- **Frecuencia del sistema ( $f$ ):** 60 Hz
- **Factor de potencia ( $pf$ ):** 0.9
- **Velocidad de rotación deseada ( $n$ ):** 720 rpm

#### Justificación para usar un generador de 8764 kW:

- **Margen de Seguridad:** La potencia nominal de 8764 kW proporciona un margen de seguridad sobre la potencia efectiva requerida de 7500 kW. Esto asegura que el generador pueda manejar picos de carga y condiciones operativas no ideales sin sobrecargarse.
- **Mayor Durabilidad:** Operar el generador por debajo de su capacidad máxima nominal reduce el estrés térmico y mecánico, aumentando la vida útil del generador.

- **Eficiencia Operacional:** Los generadores operan de manera más eficiente cuando no están al límite de su capacidad nominal. Tener un margen adicional permite mantener una alta eficiencia incluso en condiciones de carga variable.
- **Redundancia y Mantenimiento:** Un generador con mayor capacidad permite realizar mantenimiento en otros componentes del sistema sin interrumpir la operación, proporcionando redundancia y flexibilidad operativa.

### Cálculos:

#### a) Determinación del número de polos ( $p$ ):

La frecuencia del generador se relaciona con la velocidad de rotación y el número de polos ( $p$ ). Utilizamos la fórmula de la frecuencia:

$$f = \frac{n \cdot p}{120}$$

Despejamos el número de polos ( $p$ ):

$$p = \frac{120 \cdot f}{n}$$

Sustituyendo para 60 Hz y 720 rpm:

$$p = \frac{120 \cdot 60}{720} = 10$$

#### Justificación para 720 rpm:

Los generadores de baja velocidad como los de 720 rpm son ideales para aplicaciones hidroeléctricas debido a su mayor durabilidad y eficiencia. Operar a una velocidad más baja reduce el desgaste mecánico y las tensiones en los componentes del generador, aumentando su vida útil. Además, estos generadores son compatibles con las turbinas

Francis, que son comunes en centrales hidroeléctricas y están diseñadas para operar eficientemente a estas velocidades.

#### b) Corriente de Salida del Generador ( $I$ )

Utilizamos la fórmula de la potencia aparente para calcular la corriente de salida del generador:

$$S = \frac{P_{\text{nom}}}{\eta \cdot pf}$$

Sustituyendo los valores:

$$S = \frac{8764 \text{ kW}}{0.95 \cdot 0.9} \approx 10244.18 \text{ kVA}$$

La corriente de salida del generador se calcula usando la fórmula:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

Sustituyendo los valores:

$$I = \frac{10244.18 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 13.8 \text{ kV}} \approx 428.64 \text{ A}$$

#### Resumen

- **Potencia Nominal de Cada Generador:** 8764 kW
- **Corriente de Salida:** Aproximadamente 428.64 A a 13.8 kV
- **Número de Polos:** 10
- **Velocidad de Rotación del Generador:** 720 rpm para una frecuencia de 60 Hz con 10 polos.

### 3.4.8. Cálculos justificativos de la turbina

#### Datos:

- **Potencia efectiva requerida** ( $P_{\text{efectiva}}$ ): 7500 kW
- **Número de turbinas**: 2
- **Potencia por turbina** ( $P_t$ ): 7500 kW
- **Velocidad del generador** ( $n$ ): 720 rpm
- **Altura neta de caída** ( $H$ ): 146 m
- **Eficiencia de la turbina** ( $\eta_t$ ): 87.5% (0.875)

#### Cálculos:

##### a) Caudal necesario ( $Q$ ):

Utilizamos la ecuación de potencia hidráulica para calcular el caudal necesario:

$$P_{\text{hidráulica}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t$$

Donde:

- $\rho$  = densidad del agua (1000 kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  = aceleración debido a la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)
- $P_{\text{hidráulica}}$  = Potencia efectiva requerida (7500 kW)

Despejamos  $Q$ :

$$Q = \frac{P_{\text{hidráulica}}}{\rho \cdot g \cdot H \cdot \eta_t}$$

Sustituyendo los valores:

$$Q = \frac{7500 \cdot 10^3 \text{ W}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 146 \text{ m} \cdot 0.875} \approx 5.96 \text{ m}^3/\text{s}$$

**b) Número específico de revoluciones ( $N_s$ ):**

Utilizamos la fórmula del número específico de revoluciones ( $N_s$ ) para calcular el diámetro de la rueda de la turbina. El número específico de revoluciones se define como:

$$N_s = \frac{n \cdot \sqrt{P_t}}{H^{5/4}}$$

Sustituyendo los valores:

$$N_s = \frac{720 \cdot \sqrt{7500}}{146^{5/4}}$$

Calculamos:

$$N_s \approx \frac{720 \cdot 86.6}{292.36} \approx 213.2$$

**c) Selección de turbina:**

La velocidad específica calculada de aproximadamente 213.2 justifica el uso de una turbina Francis, ya que se encuentra dentro del rango óptimo de operación de este tipo de turbinas. Las turbinas Francis son conocidas por su alta eficiencia, versatilidad y capacidad para manejar un amplio rango de condiciones operativas, lo que las hace ideales para la conversión eficiente de energía hidráulica a energía eléctrica en nuestra central hidroeléctrica. Además, el diseño compacto y robusto de las turbinas Francis se adapta bien a la configuración de la planta, asegurando una operación confiable y duradera.

**d) Diámetro de la rueda de la turbina ( $D$ ):**

Utilizando el número específico de revoluciones y la velocidad de rotación:

$$D = \left(\frac{N}{N_s}\right)^{3/4} \cdot \left(\frac{H}{P_t}\right)^{1/2}$$

Donde:

- $N$  = velocidad de rotación (720 rpm)
- $N_s$  = número específico de revoluciones (213.2)

Sustituyendo los valores:

$$D \approx \left(\frac{720}{213.2}\right)^{3/4} \cdot \left(\frac{146}{7.5}\right)^{1/2}$$

Calculamos:

$$D \approx 1.75 \text{ m}$$

### Resumen

- **Caudal Necesario:** Aproximadamente 5.96 m<sup>3</sup>/s
- **Número Específico de Revoluciones:** Aproximadamente 213.2
- **Diámetro de la Rueda de la Turbina:** Aproximadamente 1.75 m
- **Tipo de Turbina:** Francis

### 3.4.9. Cálculos justificativos del transformador

**Datos:**

- **Potencia nominal del generador:** 8764 kW
- **Número de generadores:** 2
- **Potencia total nominal ( $P_{total}$ ):** 8764×2=17528kW
- **Factor de potencia ( $p_f$ ):** 0.8



- **Frecuencia ( $f$ ):** 60 Hz
- **Tensión de salida del generador:** 13.8 kV
- **Tensión de salida del transformador:** 66 kV
- **Eficiencia del transformador ( $\eta$ ):** 98% (0.98)

**Cálculos:**

**a) Potencia Aparente del Transformador ( $S$ ):**

La potencia aparente se calcula utilizando la fórmula:

$$S = \frac{P_{\text{total}}}{\eta \cdot pf}$$

Sustituyendo los valores:

$$S = \frac{17528 \text{ kW}}{0.98 \cdot 0.8} \approx 22363 \text{ kVA}$$

**b) Corriente Primaria del Transformador ( $I_{\text{primaria}}$ ):**

Utilizamos la fórmula de la corriente para el lado primario (13.8 kV) del transformador:

$$I_{\text{primaria}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{\text{primaria}}}$$

Sustituyendo los valores:

$$I_{\text{primaria}} = \frac{22363 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 13.8 \text{ kV}} \approx 936.92 \text{ A}$$

**c) Corriente Secundaria del Transformador ( $I_{\text{secundaria}}$ ):**

Utilizamos la fórmula de la corriente para el lado secundario (66 kV) del transformador:

$$I_{\text{secundaria}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{\text{secundaria}}}$$

Sustituyendo los valores:

$$I_{\text{secundaria}} = \frac{22363 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 66 \text{ kV}} \approx 195.76 \text{ A}$$

**d) Impedancia del Transformador:**

La impedancia del transformador se puede calcular si se conoce la caída de tensión permitida y la corriente de cortocircuito. Sin embargo, para simplificar, supongamos una impedancia típica del 5%.

$$Z_t = \frac{V_{\text{secundaria}}^2}{S}$$

Sustituyendo los valores:

$$Z_t = \frac{(66 \text{ kV})^2}{22363 \text{ kVA}} \approx 0.195 \Omega$$

**e) Selección del Transformador:**

Dado que el transformador debe manejar una potencia aparente de aproximadamente 22363 kVA, se selecciona un transformador con una capacidad nominal ligeramente superior para manejar los picos de carga y proporcionar un margen de seguridad. Por lo tanto, se selecciona un transformador de 25 MVA (25000 kVA) con las siguientes características:

1. **Voltaje Primario:** 13.8 kV
2. **Voltaje Secundario:** 66 kV
3. **Impedancia:** 5%

**Resumen**

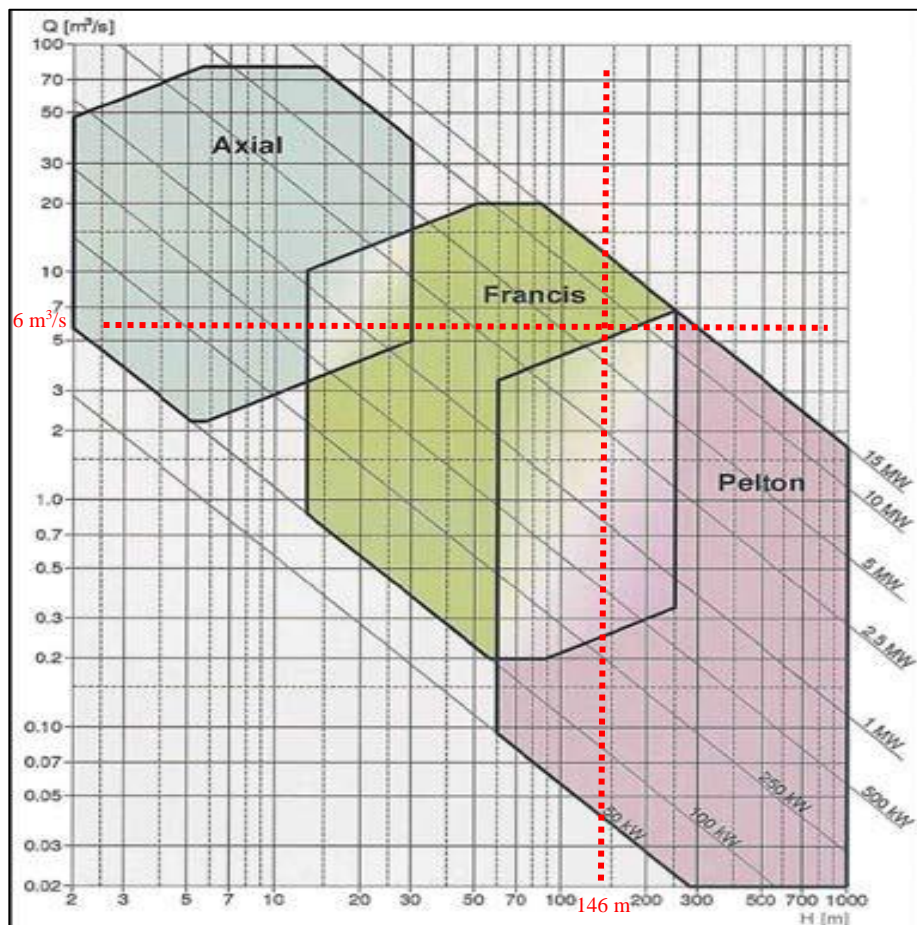
- **Potencia Aparente del Transformador:** 22363 kVA

- **Corriente Primaria:** Aproximadamente 936.92 A
- **Corriente Secundaria:** Aproximadamente 195.76 A
- **Impedancia del Transformador:** Aproximadamente 0.195  $\Omega$
- **Capacidad Nominal del Transformador Seleccionado:** 25 MVA (25000 kVA)

### 3.5. Criterios para la selección de turbina

Para la evaluación se usó la Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica de la European Small Hydropower Association – ESHA - 2006 e información de fabricantes de turbinas a nivel mundial.

Figura 18. Envolvente operativa de turbinas



Fuente: European Small Hydropower Association – ESHA – 2006, pag 190

Considerando los criterios de altura neta, caudal a turbinar y velocidad específica se recomienda a la turbina tipo Francis para el proyecto.

Por otro lado, la velocidad específica constituye un excelente criterio de selección, más preciso sin duda que el más convencional y conocido de las envolventes operacionales.

De acuerdo con las normas internacionales IEC 60193 “Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines - Model acceptance tests” y 60041 “, Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines”, la velocidad específica de una turbina viene dada por la fórmula:

La velocidad específica  $n_s$  viene dada por la fórmula:

$$n_s = n \frac{\sqrt{P}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

En donde  $n$  velocidad en rpm,  $P$  potencia en kW y  $H$  altura de salto neta en metros.

Para el Proyecto, utilizando las fórmulas, con  $n = 720$ ,  $P = 7500$  y  $H = 146$ , resulta una velocidad específica  $n_s = 125.4$

Tabla 7. Rango de velocidades específicas para cada tipo de turbina

Tipo de Turbina	Rango de Velocidad Específica	Aplicaciones típicas
Pelton	Menos de 50	Alta caída, bajo caudal
Francis	50 a 250	Caída media, adaptable a varios flujos
Kaplan	250 a 850	Baja caída, alto caudal, palas ajustables
Propeler	Más de 850	Muy baja caída, alto caudal, palas fijas
Bulbo y Tubulares	300 a 1200	Muy baja caída, grandes volúmenes de agua, instalaciones en ríos o estuarios

Fuente: European Small Hydropower Association – ESHA – 2006, pag 184

De acuerdo con la Tabla 6 y considerando que el Proyecto tiene una velocidad específica  $n_s = 125.4$ , se confirma usar una turbina tipo Francis.

De acuerdo a consideraciones prácticas y de experiencia también es importante considerar otros factores que determinan la selección final y adecuada de las turbinas.

### **3.5. Otros factores para la sección de turbinas**

Al seleccionar una turbina, es crucial tener en cuenta una gama de factores que van más allá de la velocidad específica. Estos factores abarcan desde consideraciones económicas hasta aspectos técnicos y operativos.

- 1. Factor Económico:** Desde la perspectiva de un ingeniero electricista, el análisis económico de una turbina no solo involucra el costo inicial de adquisición, sino también el análisis del costo del ciclo de vida (LCC). Esto incluye la evaluación de la eficiencia energética, el costo de la energía generada (LCOE), y la rentabilidad de la inversión (ROI). Además, se deben considerar los costos operativos relacionados con la eficiencia en la conversión de energía, así como los costos de mantenimiento y reparación a lo largo de la vida útil de la turbina.
- 2. Operación:** En términos de operación, es vital que la turbina se adapte a las variaciones de carga y a las condiciones dinámicas de la red eléctrica. La capacidad de una turbina para operar eficientemente bajo diferentes regímenes de carga y su respuesta a las fluctuaciones de la demanda son cruciales. Además, la integración con sistemas de control y monitoreo avanzados es fundamental para optimizar la operación y responder a las necesidades del sistema eléctrico.

En una central hidroeléctrica, las turbinas deben adaptarse a las variaciones del caudal de agua. Si la Turbina A ofrece mejor rendimiento en un rango más amplio de caudales en comparación con la Turbina B, esto podría ser un factor decisivo, especialmente si el caudal de agua en el sitio es variable.

- 3. Mantenimiento:** El mantenimiento de las turbinas es un aspecto crítico que afecta directamente la disponibilidad y confiabilidad del sistema. Un diseño que facilite el acceso para inspecciones y reparaciones puede reducir significativamente los tiempos de inactividad. Además, la selección de componentes de alta calidad y la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo basadas en el análisis de datos y el monitoreo de condiciones pueden optimizar los ciclos de mantenimiento y reducir los costos operativos.
- 4. Espacio que Ocupa:** La huella física de una turbina es un factor clave, especialmente en entornos urbanos o en instalaciones con espacio limitado. Se debe considerar el diseño compacto y la integración con la infraestructura existente. Además, la disposición de los componentes y el acceso para mantenimiento son aspectos que deben evaluarse en el contexto del espacio disponible.
- 5. Tiempo de Entrega:** El tiempo de entrega de las turbinas puede tener un impacto significativo en la planificación y ejecución del proyecto. Es esencial coordinar con los proveedores para asegurar la entrega oportuna y sincronizarla con el cronograma de construcción e instalación. Retrasos en la entrega pueden tener consecuencias en términos de costos y cumplimiento de los plazos del proyecto.
- 6. Vida Útil:** La vida útil de una turbina está directamente relacionada con su confiabilidad y durabilidad. Un diseño robusto y el uso de materiales de alta calidad pueden extender la vida operativa y reducir la frecuencia de reemplazo o grandes reparaciones. Además, la vida útil tiene un impacto significativo en el análisis de retorno de inversión y en la evaluación de costos a largo plazo.
- 7. Otros Factores:** Otros factores a considerar incluyen la conformidad con normativas y estándares de seguridad y calidad, el impacto ambiental de la operación de la turbina, y

la facilidad de integración con otras tecnologías, como sistemas de almacenamiento de energía o fuentes de energía renovable. La flexibilidad para adaptarse a futuras actualizaciones tecnológicas y la disponibilidad de soporte técnico y repuestos son también consideraciones importantes.

En resumen, la selección de una turbina en un proyecto de ingeniería eléctrica requiere un análisis detallado y multidisciplinario que va más allá de la simple consideración de la velocidad específica, abarcando aspectos técnicos, económicos y operativos.

### **3.6. Equipamiento electromecánico**

Comprende todo el suministro electromecánico de generación de 15 MW y es el siguiente:

#### **Turbinas**

Las turbinas serán tipo Francis de eje horizontal, y se instalara dos grupos, dicha configuración garantizara el suministro continuo de electricidad, deberán contar con rodets y partes móviles de acero inoxidable Cor 13.4 con sistema de regulación de caudal con alabes directrices, Con una eficiencia no menor al 92 % ISO 9001 y una velocidad entre 720 y 900 rpm. que garantice una larga vida útil.

Sus apoyos podrán ser solo en el alternador o también con chumaceras propias de babitt y se deberá dimensionar la volante de inercia según estándares de calidad del Coes.

#### **Válvula**

Normalmente a la entrada de la tubería de presión se instalan válvulas tipo mariposa y a la entrada de la turbina válvulas esféricas, en este caso la válvula será tipo mariposa con cierre con contrapesa y mando hidráulico de apertura y cierre, con opción de operación manual de emergencia, contará con sus juntas de montaje, válvula bypass, tablero de mando propio y

deberá estar enclavada al sistema automático de control. Sera de aprox. 1 m de Ø y 25 bares de presión nominal.

### **Generadores**

Se instalarán dos generadores, tipo síncrono, trifásico, con excitación estática tipo SCR, 13.8 kV. y una velocidad entre 900 a 720 rpm. Con dos apoyos de chumaceras de babitt en baño de aceite y con refrigeración por agua, aislamiento F. Protección IP-23, que permita embalamientos hasta 80 % eficiencia mínima aceptable 95 % que tolere cargas desequilibradas, con sensores de temperatura en los devanados de rotor y estator, así como en las chumaceras de babitt.

### **Sistema de excitación**

Se considera un sistema de excitación estática del alternador tipo SCR. Tipo digital con PLC, montado en una celda independiente que permita la regulación de tensión con dos AVR y dos circuitos redundantes. Se regulará también el factor de potencia, contará con un transformador de excitación.

### **El regulador**

El regulador de velocidad será tipo digital PID con control por PLC, y mando oleo mecánico, con bombas hidráulicas y tanque de acumulación a presión, que pueda dar una respuesta inmediata a los requerimientos del grupo hidroeléctrico. Esta enlazado al sistema de operación automático.

### **Sistema automático de control**

El sistema automático de control contara con un control por PLC y un administrador de la generación, analizador de redes, protección con relé multifunción, relés de puesta a tierra y diferencial, HMI tipo touch screen para control táctil, tablero de fallas, relé de control térmico



de los parámetros de temperatura de chumaceras y devanados del alternador, alarma acústica y luminosa. Sistema de sincronización automática y manual de emergencia, pudiendo operar como central aislada, como grupo en paralelo con otros grupos y como central aislada y en paralelo con una red interconectada con barra infinita.

El sistema se podrá operar desde el HMI, desde la PC y también a distancia, así como existirá la opción de operación manual de emergencia. Todos estos sistemas redundantes darán confiabilidad al sistema de control.

El sistema de control trabajara interactuando con el regulador de velocidad, válvula, sistema de excitación del alternador e interruptor de salida que comandara la operación automática de la Central Hidroeléctrica Coelvihidro II. En el Anexo II se adjunta el diagrama unifilar del sistema de control y comunicaciones.

### **Celda de protección**

La celda de protección del neutro del alternador operará en caso de falla para proteger al alternador de daños. Incluye transformadores de tensión y corriente de medición y protección del sistema automático de control.

Se instalará una celda con interruptor al vacío tipo extraíble, para ser el interruptor de salida del grupo hidroeléctrico. Con un analizador de redes, relé de protección del lado de la red, transformadores de protección y medida del interruptor.

Adicionalmente se considera un puente grúa para montaje y mantenimiento de los equipos, y un sistema de baterías del respaldo.

En el Anexo II se adjunta el diagrama unifilar del sistema de protección.

### **3.7. Justificación de la potencia de los generadores**

La capacidad de trabajo de los generadores en una central hidroeléctrica depende de varios factores, incluyendo la demanda de energía, la disponibilidad del recurso hídrico y las características técnicas de los generadores. En el caso de dos turbinas de 10,955 kVA (aproximadamente 8.764 MW cada una al operar a un factor de potencia de 0.8) en una planta de 15 MW, el análisis sería el siguiente:

#### **1. Capacidad Total y Factor de Potencia:**

- Las turbinas de 10,955 kVA a un factor de potencia de 0.8 proporcionan una potencia activa de aproximadamente 8.764 MW cada una ( $10,955 \text{ kVA} * 0.8 = 8.764 \text{ MW}$ ).
- Dos turbinas de esta capacidad suman una potencia activa total de aproximadamente 17.528 MW, lo que supera la capacidad nominal de 15 MW de la planta.

Esto implica que cada turbina operaría alrededor del 85.6% de su capacidad máxima.

#### **2. Sobrecapacidad y Flexibilidad Operativa:**

- La sobrecapacidad permite flexibilidad operativa. La planta puede mantener la producción de energía cerca de su capacidad nominal incluso si una de las turbinas necesita mantenimiento o está fuera de servicio.
- Esta configuración también permite manejar variaciones en la disponibilidad del recurso hídrico, manteniendo una operación eficiente en diferentes condiciones de flujo.

#### **3. Eficiencia y Vida Útil:**

- Operar las turbinas a un porcentaje de su capacidad máxima como el calculado (aproximadamente 85.6%) puede ser una buena práctica para equilibrar eficiencia y

durabilidad. Esto permite cierto margen para acomodar fluctuaciones en la demanda o en el recurso hídrico sin sobrecargar los equipos.

- Además, operar los generadores en un rango eficiente puede optimizar la producción de energía y reducir los costos operativos a largo plazo.

#### **4. Economías de Escala y Costos de Mantenimiento:**

- A menudo, adquirir turbinas de mayor capacidad es más costo-efectivo debido a las economías de escala. El costo adicional puede ser justificado por la mayor flexibilidad y eficiencia operativa.
- La posibilidad de realizar mantenimiento en una turbina mientras la otra sigue operando reduce los períodos de inactividad y puede disminuir los costos operativos a largo plazo.

#### **5. Factores Técnicos Adicionales:**

- La selección de turbinas con una capacidad ligeramente superior puede ser una decisión técnica basada en la eficiencia máxima del diseño de la turbina y las características del sitio, como la altura de caída y el caudal disponible.

#### **6. Factor de Potencia:**

- Operar a un factor de potencia de 0.8 es bastante común en aplicaciones industriales y de generación de energía, ya que optimiza la eficiencia y reduce las pérdidas en la transmisión de energía.
- Este factor de potencia permite un equilibrio entre la potencia activa y reactiva, optimizando la entrega de energía a la red.

En resumen, la selección de dos turbinas de 10,955 kVA operando a un factor de potencia de 0.8 para una planta de 15 MW se justifica por la sobrecapacidad para la flexibilidad operativa,

la eficiencia mejorada en ciertos rangos de flujo, economías de escala, reducción de los costos de mantenimiento, y la planificación estratégica para el futuro crecimiento o cambios en la demanda. Además, el factor de potencia elegido ayuda a optimizar la eficiencia y la calidad de la energía generada.

## **CAPÍTULO IV: DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (DIA) Y DISPONIBILIDAD HÍDRICA**

### **4.1. Etapas del proceso de aprobación**

La elaboración del estudio y el procedimiento de aprobación de la DIA se desarrolla de acuerdo con el Decreto Supremo N° 29-94-EM – Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, el cual tienen como objetivo normar la interrelación de las actividades eléctricas en los sistemas de generación, transmisión y distribución, con el medio ambiente, bajo el concepto de desarrollo sostenible.

Elaborar una DIA significa desarrollar un conjunto de actividades técnicas iniciando con el conocimiento del Proyecto, la definición de los límites de su área de influencia, el diagnóstico ambiental, el análisis y evaluación de los impactos ambientales, el diseño de las medidas de mitigación y el programa de manejo ambiental.<sup>3</sup>

Algunas de estas actividades son secuenciales y otras se procesan a lo largo del estudio, dependiendo en la medida que llegue nueva información del Proyecto y el área de influencia.

La DIA es desarrollado por un equipo técnico multidisciplinario, integrados principalmente por Ingenieros Ambientales, Biólogos, Sociólogos, Abogados e Ingenieros Electricistas.

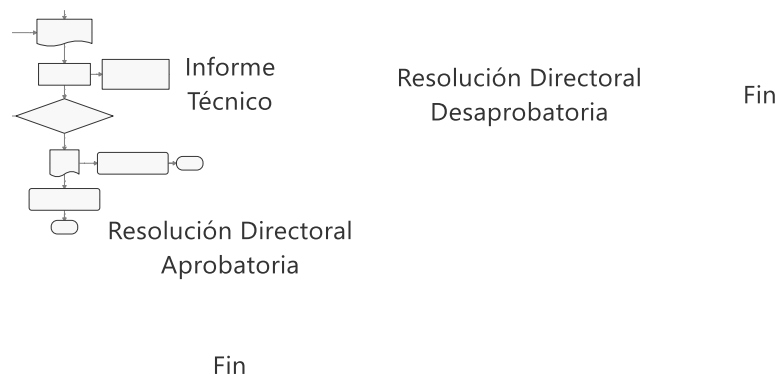
En conjunto deben aplicar metodologías para el tratamiento de los problemas, análisis y evaluación de los impactos ambientales probables de originarse en el desarrollo del Proyecto.

El flujo del proceso se muestra en la Figura 19 y se describen a continuación:

---

<sup>3</sup> Guía de Estudios de Impacto Ambiental para Actividades Eléctrica – Dirección General de Asuntos Ambientales del MINEM.

Figura 19. Flujo del proceso de evaluación de una DIA



Fuente: Elaboración propia

### 1. Solicitud de evaluación de DIA

Mediante una carta firmada por el representante legal de la empresa, solicitando la evaluación de DIA del Proyecto a la Dirección Regional de Energía y Minas de Lima (DREM Lima). Se adjunta dos juegos originales firmados del DIA y los cargos de entrega, para conocimiento, del DIA a la municipalidad provincial y distrital.

## **2. Evaluación de la DREM Lima**

El plazo es de 30 días hábiles, con evaluación previa Silencio Administrativo Negativo. Los días hábiles de evaluación son días efectivos en revisión por parte de la DREM Lima, es decir no suman los días para el levantamiento de observaciones y/o publicaciones.

## **3. Opinión técnica vinculante del ANA o SERNANP**

La DREM Lima envía una copia de DIA para conocimiento y opinión a la Autoridad Nacional de Agua (ANA), organismo especializado adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), encargado de administrar y autorizar volúmenes de agua que utilizan y/o distribuyen los prestadores de servicios de agua (EPS, Juntas de regantes y Proyectos).

También envía una copia para conocimiento y opinión al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP), organismo público adscrito al Ministerio del Ambiente, tiene la misión de asegurar la conservación de las Áreas Naturales Protegidas del país, su diversidad biológica y el mantenimiento de sus servicios ambientales.

## **4. Observación técnica**

Luego de la revisión de los especialistas técnicos de la DREM Lima y las observaciones del ANA y el SERNANP, se comunica al Titular del Proyecto para que aclare, agregue o desarrolle las observaciones al DIA del Proyecto, y presente un informe de levantamiento de observaciones.

## **5. Informe técnico**

Después de la conformidad al informe de levantamiento de observaciones los especialistas técnicos de la DREM Lima elaboraran el informe técnico dirigido al Director de la DREM Lima recomendando de la aprobación del DIA del Proyecto.

## **6. Resolución Directoral desaprobatoria**

En caso el informe de levantamiento de observaciones no sustente las respuestas a las observaciones, la DREM Lima emite una Resolución Directoral desaprobatoria del DIA del Proyecto.

## **7. Resolución Directoral aprobatoria**

Cuando el Informe técnico tiene conformidad, el Director de la DREM Lima puede emitir la Resolución Directoral aprobatoria del DIA del Proyecto.

### **4.2. Resultado de la evaluación del DIA**

Se elaboró el estudio de DIA y se obtuvo la aprobación de la Dirección Regional de Energía y Minas del Gobierno Regional de Lima,

El estudio del Proyecto fue elaborado por una Consultora Ambiental, y de acuerdo a la Resolución Directoral N° 090-2014-GRL-GRDE-DREM del 14/05/2014 se concluye que los principales impactos ambientales en cada una de las actividades del Proyecto, interactúan con su entorno produciendo impactos ambientales que se encuentran valorizados o calificados en general como LEVES, de acuerdo a la escala empleada para la valorización de la matriz de impactos, determinando que el Proyecto corresponde a la categoría I, constituyéndose el documento en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

En el Anexo II se presenta el documento de aprobación. Resolución directoral N° 090-2014-GRL-GRD-DREM, de la Dirección Regional de Energía y Minas del Gobierno Regional de Lima. Aprobación de declaración de impacto ambiental (DIA) del Proyecto.



### **4.3. Estudio de acreditación de la disponibilidad hídrica del río Huaura**

El procedimiento de autorización y la realización del estudio se realizan de acuerdo con la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG, el cual tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

Esta ley promueve la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencia y sostenibilidad en la gestión del agua, por cuencas geográficas y acuíferos, para la conservación e incremento de la disponibilidad del agua, así como para asegurar la protección de su calidad, fomentando una nueva cultura de agua.

La acreditación de disponibilidad hídrica se obtiene a través de un estudio de disponibilidad hídrica de la cuenca hidrográfica del Proyecto. El resultado del estudio es estimar el volumen total de agua ya precipitada sobre la cuenca, para ser utilizado en actividades asociadas a riego, generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable, etc.

El trámite inicia con la solicitud de autorización de ejecución de estudios de disponibilidad hídrica, la cual no tiene carácter exclusivo ni excluyente, pudiendo ser otorgada a más de un petitionerario respecto de una fuente de agua.

La acreditación de disponibilidad hídrica certifica la existencia de recursos hídricos en cantidad, oportunidad y calidad apropiadas para un determinado Proyecto en un punto de interés.

El objetivo del estudio es la elaboración de un análisis hidrológico actualizado que determine los recursos hídricos disponibles para el Proyecto, a fin de cumplir con el requerimiento formulado por la Autoridad Nacional del Agua.

Los objetivos específicos son:

- Determinar los parámetros meteorológicos, de la cuenca del río Huaura, precipitación, temperatura, humedad relativa, así como los hidrométricos como el Caudal medio mensual.
- Calcular el caudal ecológico que se encuentra entre la zona de captación y devolución del Proyecto.
- Determinar el Caudal disponible para la demanda del Proyecto.

#### **4.3.1. Disponibilidad hídrica mensual del Río Huaura**

Para el análisis del Disponibilidad Hídrica, se analizó la información hidrométrica de la estación Alco Sayán, a régimen natural, es decir que se le sustraerá las descargas de los reservorios Surasaca y Cochaquillo, con el fin de tener un caudal neto del río Huaura.

En la Tabla 7 se muestra la información hidrométrica a régimen natural.

Tabla 8. Caudal medio mensual – régimen natural (m3/s)

CAUDAL MEDIO MENSUAL - REGIMEN NATURAL (m <sup>3</sup> /seg)															
PERIODO 1911 - 2008															
ESTACIÓN	ALCO - SAYAN				LATITUD	11° 02 ' S				DISTRITO	SAYAN				
TIPO	HIDROLÓGICO				LONGITUD	77° 06 ' W				PROVINCIA	HUAURA				
RIO	HUAURA				ALTITUD	1,000 msnm				Dpto.	LIMA				
FUENTE SENAMHI - J.U. HUAURA															
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX	MEDIA	
1911									12.80	17.90	23.00	24.10	24.10	19.45	
1912	27.10	33.00	39.40	29.50	18.60	14.00	13.70	13.30	12.70	15.30	18.10	24.30	39.40	21.58	
1913	46.40	60.20	87.20	22.70	18.50	14.50	14.10	12.30	9.00	14.50	22.20	19.50	87.20	28.43	
1914	32.20	27.20	62.30	121.40	24.30	18.10	11.80	10.00	10.00	14.80	20.80	55.30	121.40	34.02	
1915	71.60	50.70	46.80	40.30	18.00	15.00	13.60	13.20	17.30	16.40	26.20	29.40	71.60	29.88	
1916	64.60	72.90	51.20	42.00	28.70	16.70	13.80	10.10	10.50	12.60	14.50	18.70	72.90	29.69	
1917	44.30	29.70	39.30	42.40	15.10	9.60	8.80	8.70	11.50	14.40	29.80	39.30	44.30	24.41	
1918	58.40	86.80	78.70	45.30	27.20	22.20	16.90	14.90	15.20	19.20	28.00	36.90	86.80	37.48	
1919	28.70	52.30	59.10	43.00	20.70	15.70	12.80	10.80	10.20	13.90	22.70	49.70	59.10	28.30	
1920	52.20	47.60	70.70	56.00	26.70	16.70	11.30	9.20	9.70	14.70	16.30	22.90	70.70	29.50	
1921	47.50	56.00	61.00	46.00	26.00	16.50	12.50	10.00	14.00	12.00	14.50	28.00	61.00	28.67	
1922	29.50	47.50	58.50	44.00	30.00	12.00	11.80	9.60	13.00	16.00	17.50	34.50	58.50	26.99	
1923	50.00	44.00	58.00	52.50	25.50	15.00	11.70	8.50	14.50	17.50	19.50	38.50	58.00	29.60	
1924	38.00	45.00	57.50	46.50	22.00	14.00	12.00	13.00	15.50	17.00	17.50	20.00	57.50	26.50	
1925	32.00	40.00	58.50	45.20	21.30	14.20	21.40	13.10	12.90	12.50	14.00	23.70	40.00	21.20	
1926	16.00	32.60	61.30	44.50	16.30	14.50	12.80	10.20	10.90	13.90	18.80	23.40	61.30	22.93	
1927	48.00	78.80	56.70	35.60	18.20	12.70	10.60	12.70	11.60	16.70	16.40	34.70	78.80	29.39	
1928	28.70	62.70	83.90	44.80	18.10	13.90	12.30	10.50	10.60	12.90	15.50	28.10	83.90	28.50	
1929	29.20	106.80	54.20	31.60	15.20	11.70	10.60	10.70	15.20	41.20	24.40	21.20	106.80	31.00	
1930	84.90	80.40	84.90	36.50	18.70	15.00	13.60	18.70	10.70	17.30	29.30	34.20	84.90	37.02	
1931	28.50	42.50	42.40	32.00	24.00	18.50	9.10	7.70	7.60	10.60	11.30	19.90	42.50	21.18	
1932	42.30	76.70	48.50	36.70	20.70	16.00	15.70	12.00	11.10	15.00	24.20	37.90	76.70	29.73	
1933	74.30	77.40	87.80	75.20	40.20	16.10	13.40	10.90	10.10	10.90	11.90	16.10	87.80	37.03	
1934	33.80	40.10	63.10	46.60	26.30	19.10	15.40	12.50	11.80	13.20	14.90	15.20	63.10	26.00	
1935	25.80	33.40	65.90	42.00	21.50	17.40	15.40	12.50	10.90	14.70	16.90	30.20	65.90	25.55	
1936	49.80	38.50	26.60	24.10	17.50	18.80	15.10	13.20	11.70	13.50	14.20	12.20	49.80	21.27	
1937	16.70	19.40	35.70	36.50	18.50	14.50	12.40	10.50	9.30	11.60	16.50	25.00	36.50	18.88	
1938	22.70	54.30	55.00	46.00	24.10	16.60	12.10	10.10	8.60	12.40	10.60	12.40	55.00	23.74	
1939	30.80	46.30	73.90	56.20	26.50	18.90	12.70	11.50	11.70	12.00	12.70	33.00	73.90	28.85	
1940	68.60	50.50	71.80	37.00	24.60	20.80	17.70	15.40	12.00	15.90	18.60	19.10	71.80	31.00	
1941	52.40	70.90	84.20	29.80	23.90	14.70	13.40	13.00	13.20	18.90	21.30	28.20	84.20	31.99	
1942	38.40	62.20	61.50	34.80	28.90	16.90	14.20	12.40	12.00	13.20	13.40	17.70	62.20	27.13	
1943	33.50	79.50	71.30	56.30	22.00	18.10	15.90	13.50	13.30	17.50	16.20	23.40	79.50	31.71	
1944	46.40	69.10	72.70	45.60	25.00	17.80	13.70	11.30	10.50	10.20	11.90	16.10	72.70	29.19	
1945	33.10	43.70	62.50	42.10	17.40	12.50	11.70	11.40	11.10	11.20	20.70	34.10	62.50	25.96	
1946	71.80	84.00	94.50	64.00	30.40	16.60	11.40	11.30	10.60	15.00	21.00	38.50	94.50	39.09	
1947	44.80	52.90	87.00	39.40	33.10	25.50	12.80	11.00	10.60	14.20	17.30	27.00	87.00	31.30	
1948	57.80	46.30	47.40	36.70	23.90	15.10	12.80	9.90	10.10	27.70	35.00	21.20	57.80	28.66	
1949	60.60	33.40	65.60	48.50	28.20	19.00	15.30	11.30	11.20	10.40	20.50	12.80	65.60	28.07	

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX	MEDIA
1950	28.70	45.80	38.60	36.10	20.90	12.90	11.60	10.40	10.10	10.90	14.30	41.20	45.80	23.46
1951	37.40	71.30	96.80	54.60	21.20	18.50	14.90	11.60	11.20	12.60	43.50	45.00	96.80	36.55
1952	86.60	83.30	98.60	71.50	26.40	20.70	15.40	11.10	9.00	10.50	15.50	25.50	98.60	39.51
1953	39.50	71.50	60.60	60.40	35.60	22.10	12.80	9.10	8.90	12.50	22.70	28.60	71.50	32.03
1954	51.30	75.60	102.90	37.40	25.60	15.70	12.50	9.10	9.00	11.90	18.50	22.20	102.90	32.64
1955	42.60	79.50	94.40	48.80	29.30	13.50	11.70	8.70	8.80	9.20	8.90	16.80	94.40	31.02
1956	15.50	58.60	62.00	50.10	21.10	10.40	7.90	10.20	9.90	12.50	11.70	9.20	62.00	23.26
1957	17.20	46.10	37.90	32.90	15.70	11.20	9.40	9.00	8.70	10.40	13.60	18.00	46.10	19.18
1958	20.50	37.20	56.30	21.50	12.60	9.40	7.20	6.20	6.10	10.10	8.00	9.50	56.30	17.05
1959	10.50	60.40	58.40	41.90	19.60	10.20	8.50	6.10	5.80	8.50	9.10	27.80	60.40	22.23
1960	36.60	43.50	37.40	24.50	14.20	9.20	7.20	5.60	5.20	7.80	10.90	9.80	43.50	17.66
1961	26.50	45.50	42.90	19.40	17.80	11.30	7.90	6.60	6.00	7.00	17.80	41.50	45.50	20.85
1962	45.00	47.80	69.50	45.40	17.00	11.40	10.50	8.70	8.10	9.40	13.90	17.30	69.50	25.33
1963	39.40	52.10	71.80	43.40	19.30	12.40	9.40	9.20	8.50	8.50	23.10	41.10	71.80	28.18
1964	27.90	53.90	75.30	51.60	23.20	15.30	12.60	10.30	9.80	14.10	18.70	15.90	75.30	27.38
1965	25.30	44.40	68.00	25.90	14.20	11.00	9.90	8.50	7.80	8.40	10.30	14.30	68.00	20.67
1966	35.30	25.60	40.80	22.50	14.90	10.30	9.00	8.60	7.60	17.80	18.00	26.60	40.80	19.75
1967	35.50	86.80	92.40	40.00	22.90	16.60	15.00	13.00	12.16	19.80	18.30	22.10	92.40	32.88
1968	30.00	26.60	40.60	22.40	15.00	11.60	11.10	10.50	11.20	16.80	20.80	20.90	40.60	19.79
1969	11.30	22.10	34.90	33.30	14.00	11.50	10.40	9.80	9.70	12.10	16.90	62.10	62.10	20.68
1970	64.60	44.00	42.20	36.40	25.70	19.60	14.90	12.80	16.50	16.70	17.20	26.70	64.60	28.11
1971	37.30	41.80	55.00	42.30	21.50	16.70	12.80	11.20	10.60	13.80	12.30	25.30	55.00	25.05
1972	38.30	34.60	114.60	77.80	32.50	16.00	12.80	10.90	9.40	14.50	12.80	30.10	114.60	33.69
1973	52.40	73.80	102.60	69.70	30.90	11.00	13.60	10.90	12.80	24.60	23.50	46.70	102.60	39.38
1974	61.40	83.50	88.30	49.40	28.10	18.20	14.20	12.50	12.20	13.10	14.20	17.20	88.30	34.36
1975	40.60	34.40	90.00	43.40	27.90	19.70	15.50	13.20	10.60	13.60	14.60	17.70	90.00	28.43
1976	48.20	79.80	80.40	45.00	18.70	14.80	12.40	11.00	10.70	11.10	12.00	14.80	80.40	29.91
1977	21.40	49.80	51.90	28.20	15.50	11.00	9.60	10.20	11.90	14.20	21.30	20.60	51.90	22.13
1978	17.70	48.00	101.10	23.70	16.20	12.60	10.00	8.70	9.60	11.50	11.70	14.40	101.10	23.77
1979	22.50	24.90	28.20	22.30	12.00	8.00	6.90	7.50	10.00	12.90	11.30	13.40	28.20	14.99
1980	42.60	34.70	37.60	31.00	12.20	7.00	7.60	5.80	6.90	14.30	16.70	32.90	42.60	20.78
1981	37.20	77.00	100.90	25.60	14.90	9.80	7.70	8.80	8.20	8.90	14.60	26.30	100.90	28.33
1982	29.20	63.10	40.20	40.80	17.00	10.50	7.40	6.90	8.40	11.20	27.60	35.50	63.10	24.82
1983	57.20	38.50	63.10	62.90	23.50	8.50	8.90	8.20	7.20	9.30	13.10	22.10	63.10	26.88
1984	46.50	82.90	77.50	41.50	23.70	19.10	14.10	12.80	12.20	17.30	23.40	27.70	82.90	33.23
1985	23.80	48.20	49.50	36.00	19.90	16.00	13.10	12.00	13.00	12.70	13.60	16.70	49.50	22.88
1986	37.60	57.80	49.00	36.40	18.70	14.40	11.00	11.00	12.60	13.10	12.60	17.60	57.80	24.32
1987	47.10	60.40	36.50	24.70	14.40	12.30	11.00	10.20	11.00	11.50	17.40	19.60	60.40	23.01
1988	35.10	41.30	32.00	31.50	18.30	14.20	11.70	10.50	11.90	12.90	14.30	15.70	41.30	20.78
1989	41.00	62.10	68.20	40.50	21.10	16.90	13.10	11.80	10.50	12.30	13.10	10.50	68.20	26.76
1990	15.40	23.90	24.90	16.60	11.10	10.40	8.90	8.40	8.90	18.30	28.50	30.90	30.90	17.18
1991	27.30	41.90	53.60	29.00	14.70	12.30	10.20	9.40	9.70	11.30	12.00	11.50	53.60	20.24
1992	21.90	13.40	25.30	18.20	11.20	10.80	9.00	8.00	8.70	11.40	10.40	9.50	25.30	13.15
1993	19.60	38.00	28.50	30.20	16.30	12.10	12.10	11.20	10.20	12.60	20.50	23.20	38.00	19.54
1994	37.40	66.50	65.60	56.50	34.30	20.70	16.90	13.30	13.10	13.60	16.30	15.10	66.50	30.78
1995	24.20	16.80	35.40	29.10	10.20	7.80	6.30	5.60	6.20	7.20	11.10	11.80	35.40	14.31

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX	MEDIA
1996	25.40	49.00	55.90	44.90	15.50	11.10	8.40	6.60	6.70	7.30	9.50	11.80	55.90	21.01
1997	22.00	45.10	39.00	11.20	9.60	7.20	6.60	6.70	10.80	12.60	15.10	29.70	45.10	17.97
1998	56.30	93.40	97.50	78.90	22.10	14.40	12.80	10.90	10.70	13.80	12.70	12.30	97.50	36.32
1999	24.50	76.70	76.90	44.90	27.60	19.30	15.90	12.30	12.00	13.80	12.00	18.70	76.90	29.55
2000	35.90	67.60	87.60	58.00	27.40	16.00	15.60	15.40	14.10	18.50	13.50	19.80	87.60	32.45
2001	55.10	54.50	84.10	42.70	16.70	14.00	12.20	12.20	12.50	12.20	20.10	22.10	84.14	29.87
2002	20.30	41.20	64.70	48.60	19.30	15.30	14.50	13.90	13.60	16.10	19.70	25.00	64.70	26.02
2003	35.30	49.10	58.90	36.70	20.30	15.80	14.10	13.90	14.30	13.80	13.90	16.80	58.90	25.24
2004	18.10	31.90	27.80	22.40	14.40	12.10	11.90	10.70	10.70	13.70	22.40	29.10	31.90	18.77
2005	33.60	26.60	36.50	31.20	15.20	13.30	11.40	11.40	10.60	10.10	9.60	12.20	36.50	18.47
2006	17.40	44.40	64.60	58.40	15.80	13.80	12.30	11.20	11.70	11.70	14.40	22.80	64.60	24.88
2007	47.70	62.70	95.10	73.50	28.80	15.60	12.90	12.40	12.80	15.90	21.30	14.80	95.10	34.46
2008	49.80	57.80	48.80	32.40	16.40	13.70	11.80	10.80	11.10	11.80	11.60	15.00	57.80	24.25
2009	21.50	70.70	71.90	41.90	24.60	19.30	14.90	9.30	12.00	9.80	9.00	15.70	71.90	17.50
2010	28.90	64.50	79.60	53.00	23.40	16.00	13.60	14.40	13.10	16.50	12.50	19.80	79.60	18.15
2011	49.10	50.50	80.10	34.70	11.70	13.00	10.20	11.20	9.50	11.20	17.10	22.10	80.10	15.05
2012	32.30	37.20	58.70	42.60	14.30	14.30	11.50	12.90	11.60	13.10	18.70	23.00	58.70	16.50
2013	27.30	41.10	54.90	30.70	17.30	15.80	12.10	11.90	11.30	13.80	16.90	20.80	54.90	17.10
2014	33.10	34.90	49.80	34.40	16.30	14.10	11.90	12.70	12.70	13.70	20.40	29.10	49.80	18.35
<b>MEDIA</b>	<b>35.50</b>	<b>49.00</b>	<b>61.00</b>	<b>41.15</b>	<b>20.30</b>	<b>14.50</b>	<b>12.30</b>	<b>10.90</b>	<b>10.70</b>	<b>13.10</b>	<b>16.35</b>	<b>22.10</b>		
<b>Desv.Est</b>	<b>16.60</b>	<b>20.24</b>	<b>22.72</b>	<b>17.11</b>	<b>6.72</b>	<b>4.07</b>	<b>3.15</b>	<b>2.74</b>	<b>2.72</b>	<b>4.66</b>	<b>6.25</b>	<b>10.70</b>		
<b>MAX</b>	<b>86.60</b>	<b>106.80</b>	<b>114.60</b>	<b>121.40</b>	<b>40.20</b>	<b>25.50</b>	<b>21.40</b>	<b>18.70</b>	<b>17.30</b>	<b>41.20</b>	<b>43.50</b>	<b>62.10</b>		
<b>MIN</b>	<b>10.50</b>	<b>13.40</b>	<b>24.90</b>	<b>11.20</b>	<b>9.60</b>	<b>7.00</b>	<b>6.30</b>	<b>5.60</b>	<b>5.20</b>	<b>7.00</b>	<b>8.00</b>	<b>9.20</b>		

FUENTE:

\* Año 1911 a 1997 : Estudio Hidrológico Cuenca Río Huaura, INRENA - ATDR - JU HUAURA, 1998

\* Año 1998 a 2014 : ATDR Huaura y Junta Usuarios Huaura, 2014.

## Análisis de Persistencia

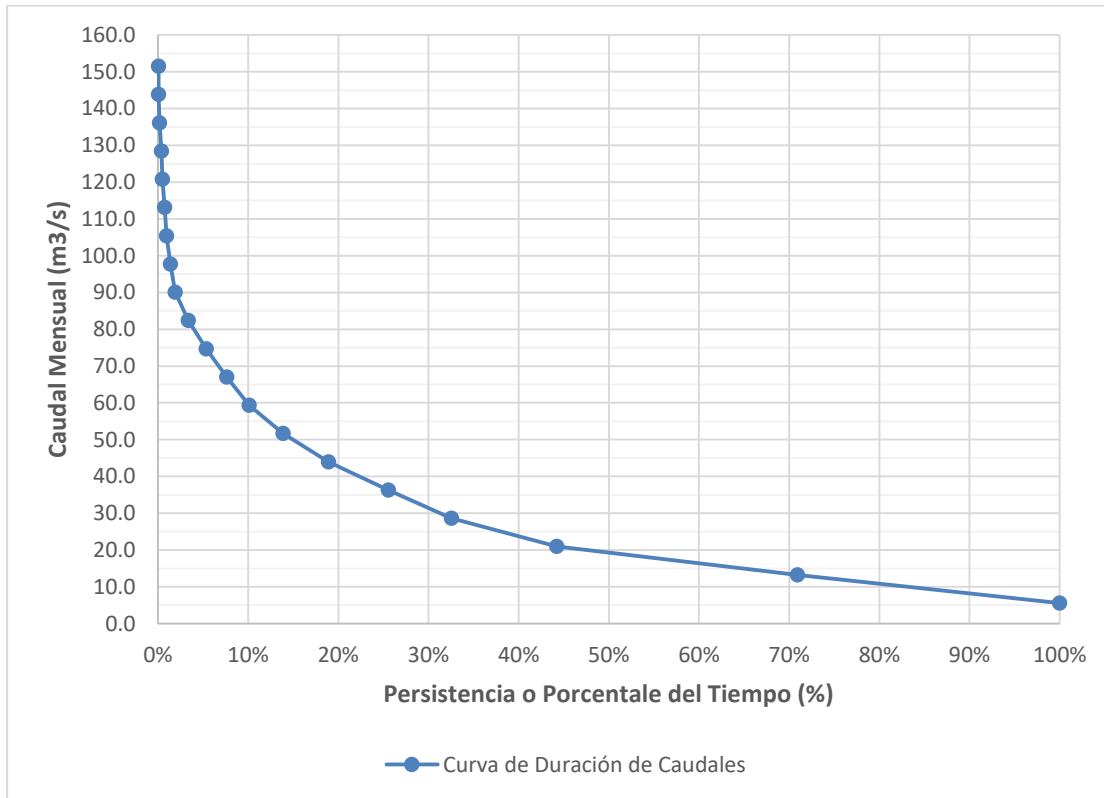
La disponibilidad hídrica para el río Huaura a diferentes niveles de persistencia se ha determinado empleando el análisis de frecuencia relativa que corresponde al 60%, 75% y 95% de persistencia en el tiempo, optándose por este método debido a que no se trata de extrapolar valores fuera del rango de frecuencias de los valores observados.

## Curva de duración

Con la información de la Tabla 7 se elaboró la curva de duración, mostrada en la Figura 20, la cual indica que para una probabilidad de 75% se tienen valores de 12.5 m<sup>3</sup>/s, eso quiere decir que se va a tener un caudal mayor o igual de 12.5 m<sup>3</sup>/s durante el 75% del tiempo. Se observa que el caudal con probabilidad de ser excedido en un 50% es del orden 19.5 m<sup>3</sup>/s y para 95% es 8.5 m<sup>3</sup>/s

- Q 50%: 19.5 m<sup>3</sup>/s
- Q 75%: 12.5 m<sup>3</sup>/s
- Q 95%: 8.5 m<sup>3</sup>/s

Figura 20. Curva de Duración de Caudales



Fuente: Estudio de Disponibilidad Hídrica del Proyecto

Considerando los resultados de la curva de duración de caudales para una probabilidad de 75% se selecciona un caudal máximo de 12 m<sup>3</sup>/s para el Proyecto.

#### 4.3.2. Disponibilidad hídrica del Proyecto

Para determinar la disponibilidad hídrica del proyecto, se utilizó la oferta que se presenta en la Tabla 8, disponibilidad del recurso hídrico en la zona del Proyecto el cual pertenece al bloque de Sayan Alto, en donde las fuentes mencionadas son las únicas que dotan de agua a esta zona.

Tabla 9. Disponibilidad del recurso hídrico en la zona del Proyecto

**DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HIDRICO EN LA ZONA DEL PROYECTO**

PERIODO : RIO HUAURA : 1911 - 2008, LAGUNAS: 1997 - 2004

FUENTE R.HIDRICO		AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	MEDIA	TOTAL
RIO HUAURA	m3/s	10.664	10.749	13.722	17.189	24.137	38.277	52.927	62.372	41.773	21.090	14.561	12.096	26.630	
MEDIA REGISTRO	mmc	28.562	27.860	36.754	44.553	64.648	102.522	128.042	167.058	108.276	56.486	37.743	32.398	69.575	834.904
RIO HUAURA P 60%	m3/s	10.200	10.380	12.500	14.460	19.720	32.120	45.340	55.540	36.500	18.420	13.620	11.700	23.375	
	mmc	27.320	26.905	33.480	37.480	52.818	86.030	109.687	148.758	94.608	49.336	35.303	31.337	61.089	733.063
RIO HUAURA P 75%	m3/s	9.075	9.225	11.375	12.775	16.100	25.700	39.625	41.850	30.800	15.775	11.475	10.150	19.494	
	mmc	24.306	23.911	30.467	33.113	43.122	68.835	95.861	112.091	79.834	42.252	29.743	27.186	50.893	610.721
RIO HUAURA P 95%	m3/s	6.085	6.195	8.370	9.595	10.465	15.495	21.965	26.535	18.120	11.055	7.770	7.185	12.403	
	mmc	16.298	16.057	22.418	24.870	28.029	41.502	53.138	71.071	46.967	29.610	20.140	19.244	32.445	389.345
LAGUNAS	m3/s	1.850	2.270	2.750	2.970	1.620	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100	0.300	0.350	1.018	
	mmc	4.955	5.884	7.366	7.698	4.339	0.000	0.000	0.000	0.000	0.268	0.778	0.937	2.685	32.225
CAUDAL ECOLOGICO	m3/s	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
	mmc	3.214	3.110	3.214	3.110	3.214	3.214	2.903	3.214	3.110	3.214	3.110	3.214	0.022	37.843
TOTAL 60 %	m3/s	10.850	11.450	14.050	16.230	20.140	30.920	44.140	54.340	35.300	17.320	12.720	10.850	23.193	
	mmc	29.061	29.678	37.632	42.068	53.943	82.816	106.783	145.544	91.498	46.390	32.970	29.061	60.620	727.444
TOTAL 75%	m3/s	9.725	10.295	12.925	14.545	16.520	24.500	38.425	40.650	29.600	14.675	10.575	9.300	19.311	
	mmc	26.047	26.685	34.618	37.701	44.247	65.621	92.958	108.877	76.723	39.306	27.410	24.909	50.425	605.102
TOTAL 95%	m3/s	6.735	7.265	9.920	11.365	10.885	14.295	20.765	25.335	16.920	9.955	6.870	6.335	12.220	
	mmc	18.039	18.831	26.570	29.458	29.154	38.288	50.235	67.857	43.857	26.663	17.807	16.968	31.977	383.727
TOTAL MEDIA	m3/s	11.314	11.819	15.272	18.959	24.557	37.077	51.727	61.172	40.573	19.990	13.661	11.246	26.447	
REGISTRO	mmc	30.303	30.634	40.906	49.141	65.773	99.308	125.139	163.844	105.166	53.540	35.411	30.121	69.107	829.285

Fuente: Estudio de Disponibilidad Hídrica del Proyecto

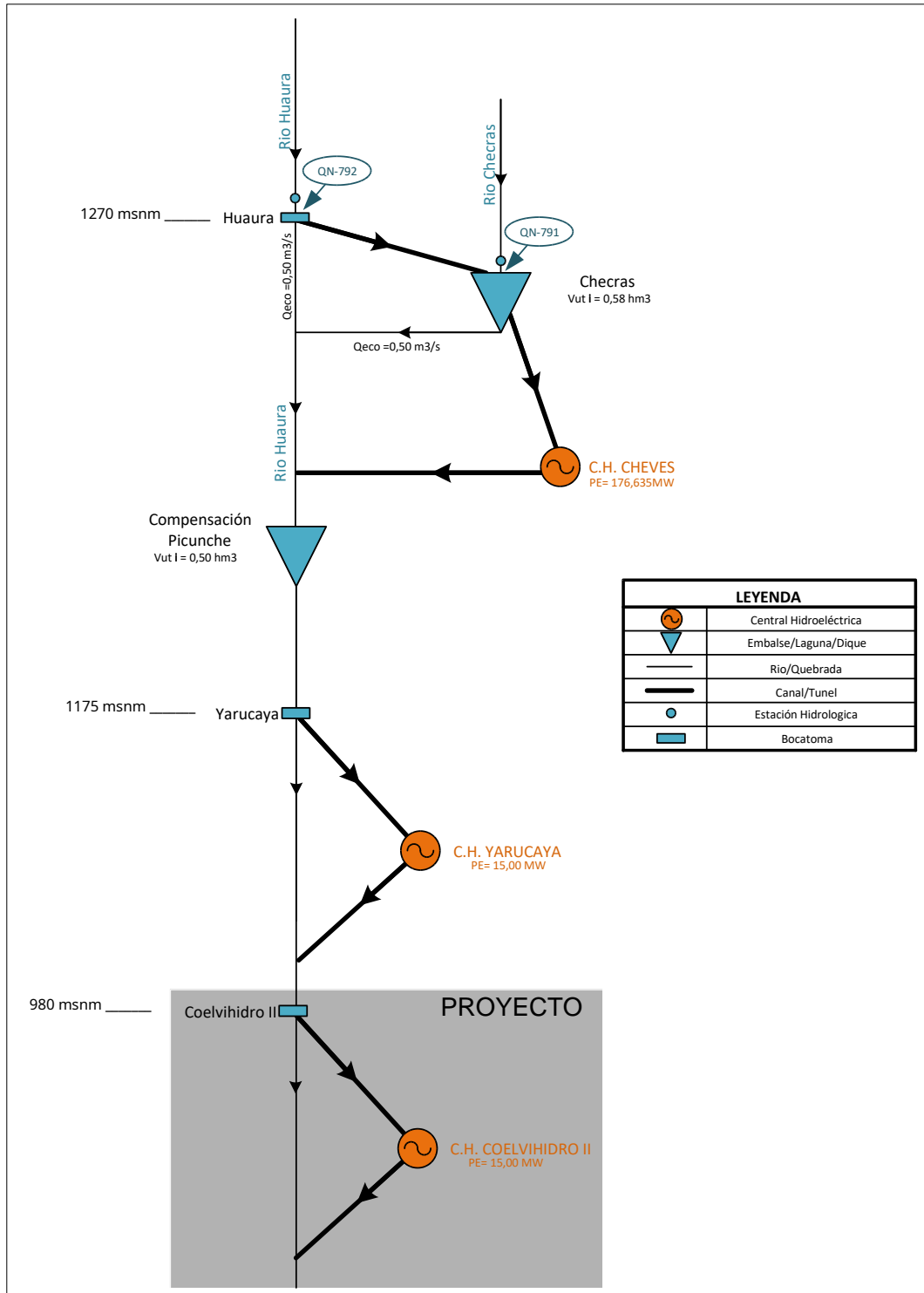
El proyecto se encuentra dentro del Bloque de Sayán Alto, por lo tanto, se usará netamente la información de este bloque para determinar qué meses se utilizará la capacidad total de la Central Hidroeléctrica (12m<sup>3</sup>/s), sin afectar las áreas agrícolas, ya que luego, las aguas serán devuelto al curso del río Huaura.

Se analizaron tres escenarios, al 60%, 75% y 95% de persistencia, para observar el comportamiento de la disponibilidad hídrica del recurso para el aprovechamiento de la Central Hidroeléctrica.

Se analizó cuáles son las fuentes que abastecen al Valle del río Huaura, en la zona del proyecto, estos son el río Huaura, y las lagunas Surasaca y Cochaquillo. Así mismo, se considera la demanda hídrica de los seres vivos que habitan en la zona del proyecto, y esta ser cubierta por

un caudal ecológico. En la Figura 21 se muestra la representación topológica del modelo hidrológico Cuenca Huaura.

Figura 21. Representación topológica del modelo hidrológico Cuenca Huaura



Fuente: Sub-Dirección Gestión de Información del COES, agosto 2017.



### Caudal ecológico

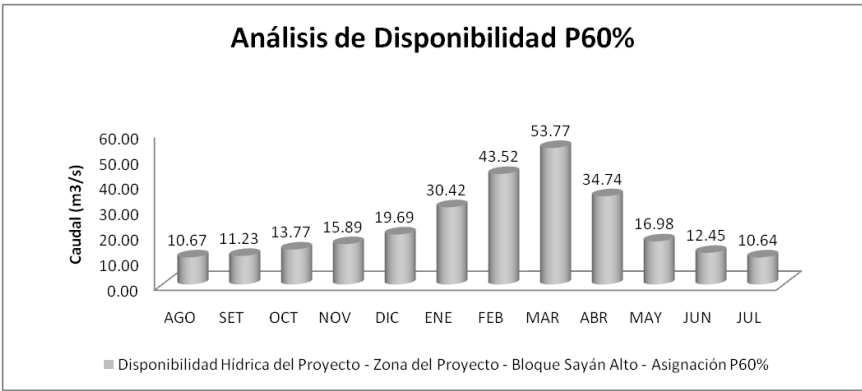
En la Cuenca del río Huaura, cerca de la zona del Proyecto, habita una fauna y flora, que, si bien no es tan variada como en las zonas altas, requieren del recurso hídrico para sobrevivir. Por eso se ha optado por dejar un caudal mínimo, para cubrir las necesidades ecológicas de esta zona de vida.

Para el cálculo del caudal ecológico se ha utilizado el método de Rafael Heras (Manual de Ingeniería de Regadío. MOPU, Madrid España 1981) que consiste en determinar el período más seco de tres meses continuos y aplicar a este una condición extrema del 20% resultando de esta manera el caudal ecológico.

Analizando las descargas medias mensuales, del río Huaura de la estación Alco Sayán, a régimen natural se obtuvo que el período más seco de tres meses continuos se presentó en el año 1960, durante el período Julio-Setiembre. Éstos dan un valor promedio de  $6.00\text{m}^3/\text{s}$ , obteniendo un caudal ecológico de  $1.2\text{m}^3/\text{s}$ . Ver Figura 22, 23 y 24 diferentes disponibilidades.

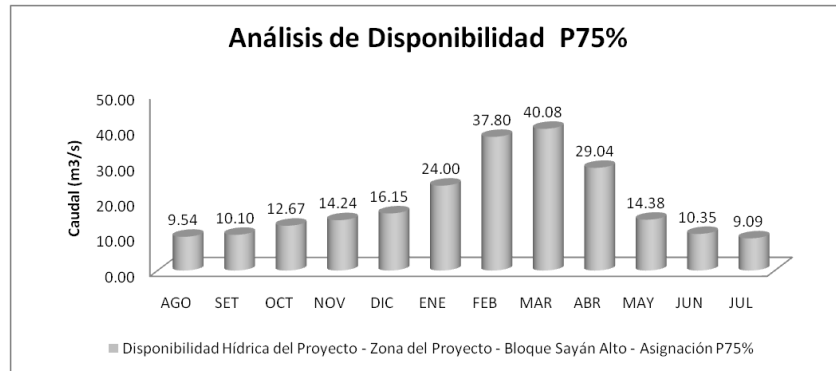
A continuación, se muestran las curvas de disponibilidad hídrica para el Proyecto

Figura 22. Disponibilidad hídrica al 60%



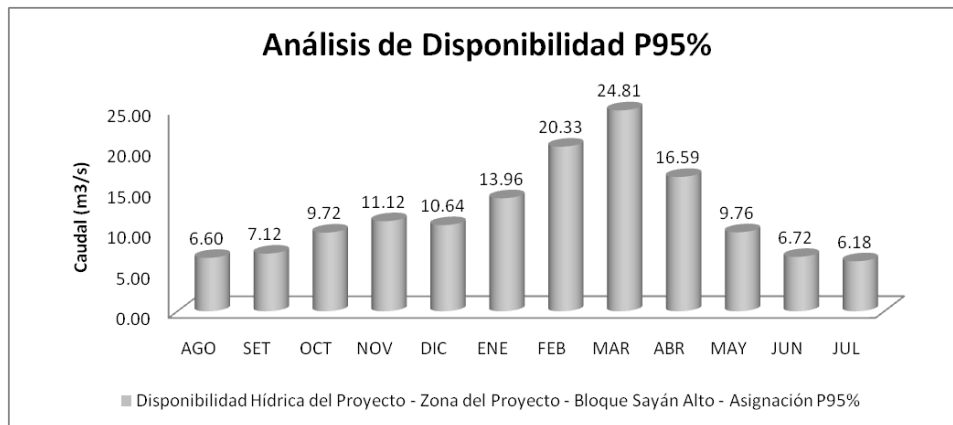
Fuente: Estudio de Disponibilidad Hídrica del Proyecto

Figura 23. Disponibilidad hídrica al 75%



Fuente: Estudio de Disponibilidad Hídrica del Proyecto

Figura 24. Disponibilidad hídrica al 95%



Fuente: Estudio de Disponibilidad Hídrica del Proyecto

Como se puede observar, al 95% de persistencia, se tiene un caudal máximo de 24.81 m<sup>3</sup>/s en el mes de marzo, y un mínimo en el mes de julio con 6.18 m<sup>3</sup>/s, entonces, los meses que la Central Hidroeléctrica Coelvihidro II trabajaría a máxima capacidad sería entre los meses de enero hasta mayo.

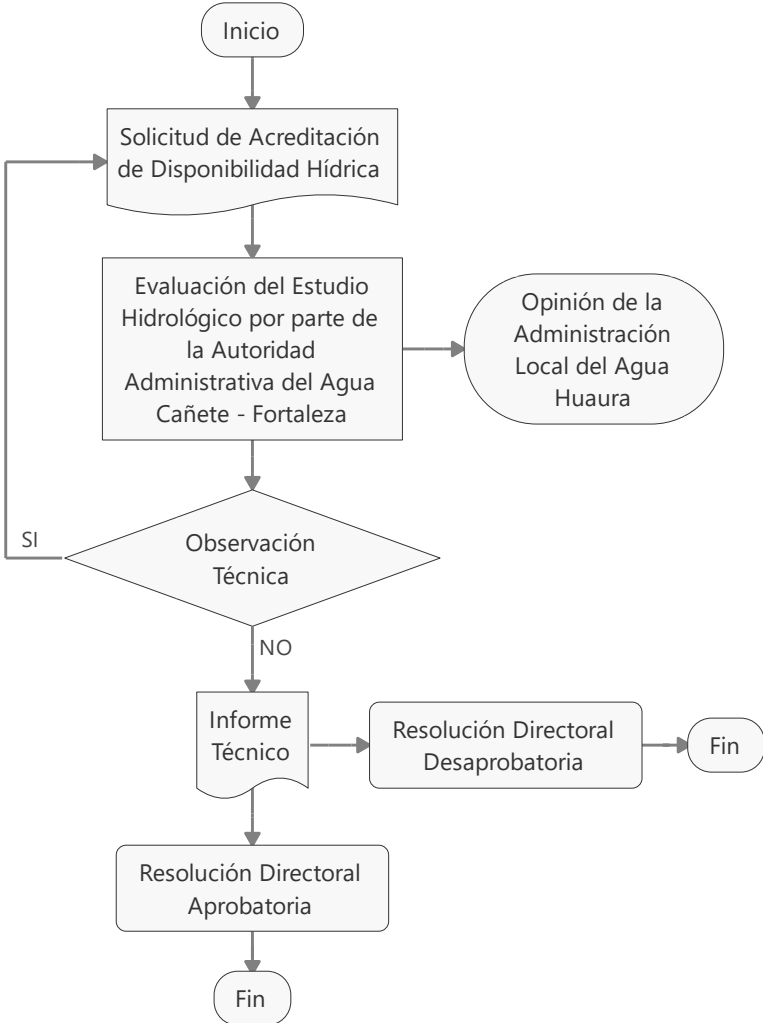
Para una persistencia del 75%, el caudal máximo es 40.08 m<sup>3</sup>/s en marzo y caudal mínimo es 9.09 m<sup>3</sup>/s en el mes de Julio, los meses de trabajo a máxima capacidad ocurren entre los meses de octubre a mayo,

Para una persistencia al 60%, la descarga máxima ocurre en el mes de marzo con un valor de 53.77 m<sup>3</sup>/s y el mínimo en el mes de Julio con 10.64,3/s, los meses que trabajaría a máxima capacidad sería de octubre a junio.

### 4.3.3. Etapas del proceso de aprobación

En la Figura 25 se muestra el flujo del proceso y luego se describe los procesos.

Figura 25. Flujo del proceso de acreditación de disponibilidad hídrica



Fuente: Elaboración propia

### **1. Solicitud de acreditación de disponibilidad hídrica**

Mediante carta firmada por el representante legal de la empresa, solicitando la acreditación de disponibilidad hídrica del Proyecto a la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Se adjunta dos juegos originales firmados del Estudio de aprovechamiento recurso hídrico con fines de generación eléctrica.

### **2. Evaluación del estudio hidrológico por parte de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete – Fortaleza (AAA Cañete – Fortaleza)**

La ANA delega la evaluación a la AAA Cañete – Fortaleza la evaluación del Estudio debido a que el proyecto se encuentra dentro de su jurisdicción.

El plazo es de 30 días hábiles, con evaluación previa Silencio Administrativo Negativo. Los días hábiles de evaluación son días efectivos en revisión por parte de la AAA Cañete - Fortaleza, es decir no suman los días para el levantamiento de observaciones y/o publicaciones.

### **3. Opinión de la Administración Local del Agua Huaura**

La Administración Local del Agua Huara emite opinión debido a que el Proyecto se encuentra dentro de la Cuenta del Rio Huaura.

### **4. Observación técnica**

Con las observaciones de los especialistas técnicos del AAA Cañete – Fortaleza y la opinión de la Administración Local del Agua Huaura se emite el informe de observaciones. Se comunica al Titular del Proyecto para que aclare, agregue o desarrolle las observaciones al Estudio Hidrológico y presente un informe de levantamiento de observaciones.

### **5. Informe técnico**

Después de la conformidad al informe de levantamiento de observaciones, los especialistas de la AAA Cañete – Fortaleza elaboraran el informe técnico dirigido al Director de la AAA Cañete

– Fortaleza recomendando la aprobación del Estudio de Acreditación de Disponibilidad Hídrica.

## **6. Resolución Directoral desaprobatoria**

En caso el informe de levantamiento de observaciones no sustente las respuestas a las observaciones, la AAA Cañete – Fortaleza emite una Resolución Directoral desaprobatoria del Estudio Hidrológico.

## **7. Resolución Directoral aprobatoria**

Cuando el Informe técnico tiene conformidad, el Director de la AAA Cañete – Fortaleza puede emitir la Resolución Directoral aprobatoria del Estudio Hidrológico.

### **4.3.4. Resultado del estudio de acreditación de disponibilidad hídrica**

A través de la Resolución Directoral N° 1079-2015-ANA-CAÑETE-FORTALEZA, del 31/07/2015 se aprueba el estudio de “Acreditación de Disponibilidad Hídrica del río Huaura” a favor de Coelvisac para Proyecto Central Hidroeléctrica Coelvihidro II, otorgando una disponibilidad hídrica de hasta 12 m<sup>3</sup>/s.

En el Anexo III se presenta la Resolución Directoral de aprobación.

### **4.4. Estudio de pre operatividad (EPO)**

La aprobación del EPO<sup>4</sup> se obtiene de acuerdo con el artículo 10° del Reglamento de Transmisión aprobado por Decreto Supremo N° 027-2007-EM, y debe ser desarrollado de acuerdo con el Procedimiento Técnico PR-20 del COES, “Ingreso, modificación y retiro de instalaciones en el SEIN”.

---

<sup>4</sup> Estudio de pre operatividad

El objetivo de un EPO es establecer los requisitos, condiciones, responsabilidades y pasos necesarios para la conexión, modificación y el retiro de instalaciones eléctrica en el SEIN. Establece los criterios y requisitos mínimos para el diseño de las instalaciones eléctricas que se conecten al SEIN.

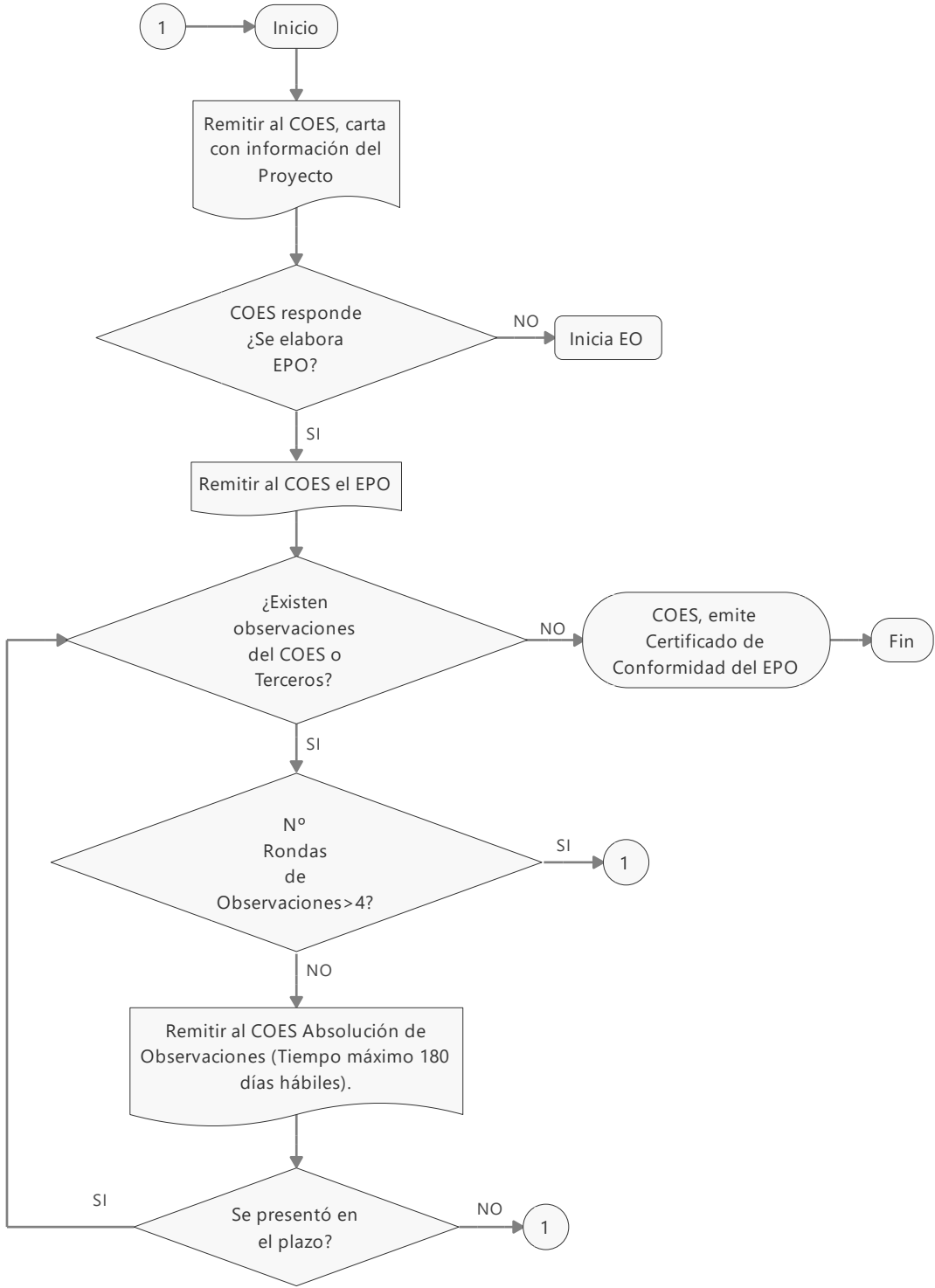
La normativa del sector eléctrico peruano solicita que los concesionarios de generación, transmisión y distribución obtengan un certificado de conformidad de un EPO, previa a la obtención de la concesión para estas actividades.

El EPO contiene los alcances para lograr obtener la conformidad a las instalaciones que se conectarán al SEIN, mediante este estudio se demuestra que las instalaciones del Proyecto y el sistema de transmisión para la conexión de la nueva central han sido diseñadas para conectarse al SEIN sin entorpecer la expansión del sistema, preservando los criterios de una adecuada operación y seguridad, garantizando la continuidad y calidad del suministro eléctrico.

#### **4.4.1. Etapas del proceso de aprobación**

El flujo del proceso se muestra en la Figura 26 y se describe a continuación:

Figura 26. Flujo del proceso de aprobación del EPO



Fuente: Elaboración propia

## **1. Remitir al COES, carta con información del Proyecto**

El Titular del Proyecto envía una carta al COES, con información del Proyecto que contenga como mínimo el punto de conexión, diagrama unifilar, ubicación geográfica, zona de influencia del Proyecto y características generales. Y también se solicita confirmación para iniciar la elaboración del EPO.

## **2. COES responde ¿Se elabora EPO?**

Si la información del Proyecto está dentro del alcance del Procedimiento Técnico PR-20 del COES, el COES confirma el inicio de la elaboración del EPO.

## **3. Inicia EO**

En caso la información del Proyecto no se encuentre dentro del alcance del Procedimiento Técnico PR-20 del COES, el COES solicitará el inicio del Estudio de Operatividad (EO). Ambos estudios (EPO y EO) son complementarios y son necesarios para la conexión del Proyecto al SEIN.

## **4. Remitir al COES el EPO**

El EPO es un estudio que contiene cuatro volúmenes, el resumen ejecutivo del Proyecto, ingeniería de la central hidroeléctrica, ingeniería de la línea de transmisión para conexión al SEIN y los estudios eléctricos. El EPO será enviado por el COES a los terceros involucrados, es decir propietarios de infraestructura eléctrica (subestaciones, línea de transmisión y clientes libres) que sean afectados por el Proyecto.

## **5. ¿Existen observaciones del COES o Terceros?**

Las observaciones del COES y terceros son enviadas al Titular del Proyecto y tendrán un plazo máximo de ciento ochenta (180) días calendario, para la absolución de las observaciones.



## **6. N° Rondas de Observaciones >4?**

El Procedimiento Técnico PR-20 del COES permite solo 4 rondas de observaciones y absolución de observaciones, en caso de exceder las 4 rondas el EPO debe volver a iniciar el proceso.

## **7. Remitir al COES Absolución de Observaciones**

En caso el Titular del Proyecto no presente su absolución dentro del plazo, el EPO será considerado como no presentado al día siguiente de su vencimiento, por lo que el Titular del Proyecto deberá iniciar un nuevo proceso.

## **8. ¿Se presento en el plazo?**

Si la absolución de observaciones se encuentra dentro del plazo el COES inicia la revisión del informe y registra la cantidad de rondas de observaciones.

## **9. COES, emite Certificado de Conformidad del EPO**

Luego de recibido el documento con la absolución de observaciones, el COES tendrá un plazo veinte (20) días hábiles para su pronunciamiento. Si todas las observaciones hubieran sido absueltas a satisfacción del COES, este emitirá el Certificado de Conformidad dentro del mismo plazo.

Mediante el Certificado de Conformidad se aprueba el Punto de Conexión y las nuevas instalaciones que forman parte del equipamiento, lo que será verificado al inicio del Estudio de Operatividad.

### **4.4.2. Resultado del EPO**

El Certificado de conformidad al EPO para la conexión al SEIN del Proyecto fue otorgado a través de la carta COES/D/DP-1699-2015, del 21710/2015, de acuerdo con los establecido en el Reglamento de Transmisión y la Ley de Concesiones Eléctricas.

En punto de conexión para el Proyecto será la subestación Andahuasi en 66kV.

En el Anexo III se presenta la Carta de Conformidad para la Conexión al SEIN.

## CAPÍTULO V: CONCESIÓN DEFINITIVA DE GENERACIÓN

### 5.1. Generalidades

La concesión definitiva de generación se gestiona cumpliendo la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento (Decreto Ley N° 25844 y Decreto Supremo N° 009-93-EM), y es otorgada por el MINEM. La Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento disponen lo referente a las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica.

El art. 22 de la Ley de Concesiones Eléctricas dice:

“La concesión definitiva y la autorización se otorgan por plazo indefinido para el desarrollo de las actividades eléctricas. Se podrá otorgar concesión temporal para la realización de estudios de factibilidad. 1. Artículo sustituido por el Artículo Único de la Ley N° 29178, publicada el 2008/01/03. Concordancias: Decreto Ley N° 25844: Arts. 6, 23, 24, 25, 26, 28, 35, 36, 104 y Cuarta Disposición Transitoria. Decreto Supremo N° 009-93-EM: Artículo 29”

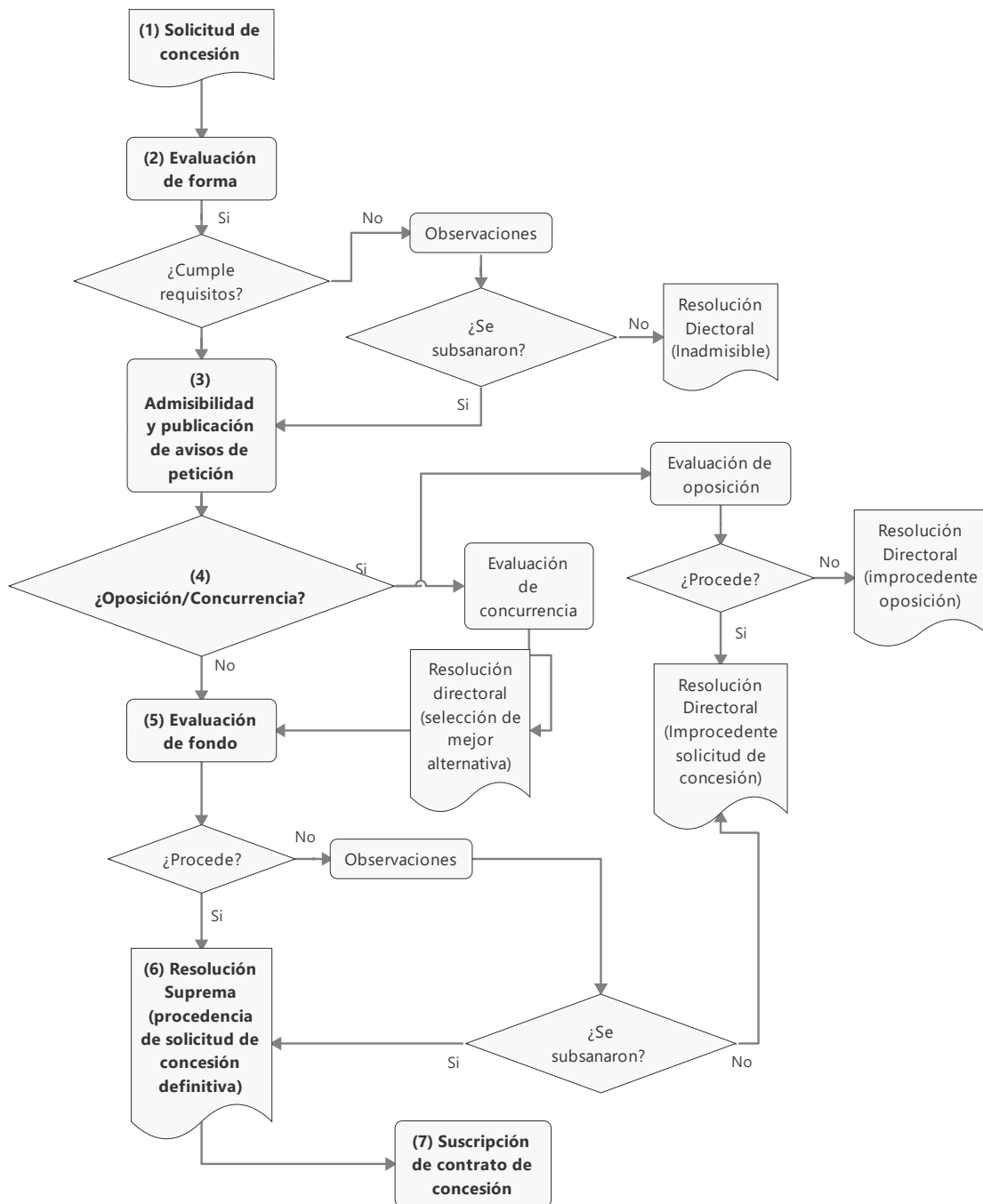
En este artículo se establece que la concesión definitiva se otorga por plazo indefinido. Es un derecho exclusivo que se aprueba mediante Resolución Suprema y, una vez concedido, otorga al concesionario el derecho a solicitar servidumbres para la ocupación de bienes públicos y privados, los cuales deberán ser solicitados ante el MINEM.

La concesión también genera algunos derechos sobre el predio como:

- Utilizar gratuitamente predios públicos para la ejecución del proyecto.
- Establecimiento de una servidumbre eléctrica definitiva.

A continuación, se muestra la Figura 27 con el flujo del proceso y el detalle de su proceso.

Figura 27. Flujo del proceso de aprobación de concesión



Fuente: Elaboración propia

## **5.2. Etapas del proceso de aprobación**

### **1. Solicitud de concesión (requisitos)**

El Titular del Proyecto solicita la Concesión Definitiva de Generación a la Dirección de Concesiones Eléctricas del Ministerio de Energía y Minas (DCE), adjuntando los siguientes requisitos:

- Identificación del peticionario
- Estudio hidrológico a nivel definitivo aprobado por la ANA
- Memoria descriptiva y planos del proyecto (Estudio de Factibilidad)
- Calendario de ejecución de obras
- Presupuesto del proyecto
- Especificaciones de las servidumbres requeridas
- Delimitación de la zona de concesión en Coordenadas UTM (PSAD 56)
- Resolución Directoral de aprobación del Estudio de Impacto Ambiental
- Garantía establecida por el Reglamento: Actualmente para el trámite de concesión definitiva es 1% del Presupuesto
- Compromiso de Inversionistas para el aporte de Capital con fines de ejecución de obras
- Informe favorable de una entidad Clasificadora de Riesgos calificada, respecto de la solvencia financiera del solicitante
- Certificado de aprobación de Estudio de Pre Operatividad
- Certificado de habilitación del Ingeniero (Ley N° 16053-Ley N° 28858)

## **2. Evaluación de forma**

La Dirección de Concesiones Eléctricas DCE verifica que todos los requisitos estén adjuntos a la solicitud, por ser una revisión de forma en esta etapa no se evalúa el contenido del requisito. Se debe considerar que el Certificado de aprobación de Estudio de Pre operatividad se puede entregar antes de la emisión de la resolución de otorgamiento de Concesión de Generación.

Dentro de un plazo de 5 días de presentada la solicitud, la DCE verificará la admisibilidad de la solicitud. En caso de haber necesidad de ampliar información o corrección, se dan 7 días de plazo. Si no se cumple con lo requerido o es insuficiente se declara denegado y se ejecuta la garantía.

## **3. Admisibilidad y publicación de aviso de petición**

Cuando la DCE está conforme con la evaluación de forma emite una carta al Titular del Proyecto aceptando la admisibilidad del expediente y ordena la publicación de aviso de petición.

La publicación de la petición se realiza por dos días en diario El Peruano y un diario de mayor circulación donde se ubica la concesión.

## **4. Oposición/Concurrencia**

Las personas o empresas pueden presentar una oposición a la concesión, si el área de la concesión se superpone con áreas de otros proyectos. Las concurrencias se presentan cuando otra persona o empresa se encuentra solicitando parte o la misma área de concesión de generación.

La oposición o concurrencia se presenta dentro de 15 días hábiles posteriores a la última publicación.

## **5. Evaluación de fondo**

De no haberse formulado oposición/concurrencia o éstas hayan sido resueltas a favor del peticionario en la vía administrativa, y habiéndose cumplido con los requisitos de admisibilidad, la DCE procederá a efectuar la evaluación técnico-normativa pertinente en el marco del Código Nacional de Electricidad y demás normas técnicas aplicables de acuerdo con la naturaleza del proyecto, con la finalidad de decidir si procede o no el otorgamiento de la concesión.

Si de la evaluación efectuada se determinara la necesidad de ampliar información o se verificará la existencia de deficiencias y/u omisiones susceptibles de corregirse, la solicitud será observada. La DCE notificará la observación al peticionario para que la subsane dentro del plazo de siete (7) días hábiles, contados a partir de la fecha de notificación de la observación, bajo apercibimiento de declarar improcedente la solicitud.

## **6. Resolución Suprema**

De ser procedente la solicitud, o subsanada que haya sido la observación formulada, la DCE notificará al peticionario el proyecto de Resolución Suprema y de contrato de concesión para que, dentro del plazo de tres (3) días hábiles siguientes a la notificación, verifique los datos numéricos, técnicos y de ubicación consignados en los mencionados documentos.

La Resolución Suprema de otorgamiento de la concesión aprobará el respectivo Contrato de Concesión y designará al funcionario que debe intervenir en la celebración de este a nombre del Estado.

## **7. Suscripción de Contrato**

Dentro de los cinco (05) días hábiles siguientes a su publicación en el Diario Oficial El Peruano, la Resolución Suprema será notificada al peticionario; en este mismo acto deberá remitirse el

contrato a fin de que sea suscrito conforme con lo previsto en el artículo 29 de la Ley de Concesiones Eléctricas.

### **5.3. Resultado del proceso de aprobación de concesión definitiva de generación**

Con la Resolución Ministerial N° 035-2017-MEM/DM del 19/01/2017, se otorgó concesión definitiva de generación con recursos energéticos renovables a favor de Consorcio Eléctrico de Villacurí S.A.C., para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica en la futura Central Hidroeléctrica Coelvihidro II, con una potencia instalada de 15 MW.

En el Anexo IV se presenta la Resolución Ministerial de otorgamiento de concesión definitiva de generación.



## Conclusiones

1. Se aplicó el proceso de obtención de la concesión de generación de la central hidroeléctrica con recursos energéticos renovables Coelvihidro II, formulando y presentando el “Flujo del proceso de aprobación de concesión” que contiene las etapas de: solicitud de concesión (requisitos), evaluación de forma, admisibilidad y publicación de aviso de petición, oposición/Concurrencia, evaluación de fondo, resolución Suprema y suscripción de contrato.
2. Se presentó las componentes del proyecto desde la perspectiva técnico legal, que incluye la memoria descriptiva, evaluación financiera, las obras de captación, componentes hidráulicos, selección de turbinas y equipamiento, aspectos que constituyen la estructura básica de una central hidroeléctrica.
3. Se aplicó el proceso de declaración de impacto ambiental (DIA) cuyo resultado es la Resolución directoral N° 090-2014-GRL-GRD-DREM, de la Dirección Regional de Energía y Minas del Gobierno Regional de Lima. Donde se aprueba la declaración de impacto ambiental (DIA) del Proyecto; asimismo, se aplicó el proceso el estudio de pre operatividad (EPO) concluida con la carta COES/D/DP-1699-2015 del COES SINAC, otorgando la conformidad al estudio de pre operatividad para la conexión al SEIN del Proyecto.
4. La gestión de la concesión definitiva tuvo sus resultados con la publicación de la Resolución Ministerial N° 035-2017-MEM/DM del Ministerio de Energía y Minas, donde se otorga la concesión definitiva de generación con recursos energéticos renovables de la Central Hidroeléctrica Coelvihidro II de 15 MW de potencia.

## **Recomendaciones**

1. Se recomienda a los titulares del Proyecto, que para obtener una concesión eléctrica debe formar un equipo de trabajo multidisciplinario con profesionales de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil, Biología, especialistas hidrólogos, Abogados entre otros. Esto debido a diversidad de estudios que se desarrollan para la obtener la concesión definitiva.
2. Se recomienda a los titulares del Proyecto integrar como jefe del equipo a un profesional con conocimiento y experiencia en concesiones eléctricas, el jefe debe interactuar con profesionales de otras ramas y manejar un lenguaje técnico propio de otras profesiones.
3. Se recomienda al equipo de trabajo realizar una revisión y seguimiento continuo de la normativa asociada a concesiones eléctricas. Cualquier modificación en la normativa modifica el alcance de los estudios y requerirá una rápida adecuación para evitar observaciones de las autoridades evaluadoras.
4. El plazo de aprobación de los procesos presentados en el informe resulto ser mayor a los normados en los Texto Único de Procedimiento Administrativo (TUPA) de las autoridades evaluadoras. Es por ese motivo, las revisiones internas y reuniones de trabajo con las autoridades debe ser relevante en todos los procesos.

## Bibliografía

- (COES), C. d. (2018). *Procedimiento Técnico N° 20: Conexión y Operación de Centrales de Generación con Energías Renovables*. Lima, Perú.
- Ambiente, M. d. (2012). *Ley General del Ambiente*. Lima, Perú.
- Arata, A. (2009). *Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales*. Santiago, Chile: RIL Editores.
- Brown, J. &. (2010). *Renewable energy and hydropower: A global perspective*. New York: Springer.
- De la Torre, C. &. (2018). *Energías renovables en el Perú: Situación y perspectivas*. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Johnson, R. &. (2015). *Hydropower development: Environmental and engineering considerations*. London, UK: Routledge.
- Minas, M. d. (1992). *Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento*. Lima, Perú.
- Minas, M. d. (2001). *Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas*. Lima, Perú.
- Müller, B. (2013). *Small hydropower plants: Design and implementation*. Berlin, Germany: Wiley-VCH.
- Salazar, M. (2015). *Impacto ambiental y energías renovables en el Perú*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Vargas, J. L. (2019). *Hidroelectricidad y desarrollo sostenible en el Perú*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Williams, P. &. (2012). *Sustainable hydropower development*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

## **Anexos**

## **Anexo I: Cronograma de actividades**

**Anexo II: Planos del Proyecto**

**Anexo III: Resolución directoral N° 090-2014-GRL-GRD-DREM, de la Dirección Regional de Energía y Minas del Gobierno Regional de Lima. Aprobación de declaración de impacto ambiental (DIA) del Proyecto.**

**Anexo IV: Resolución directoral N° 1079-2015-ANA-AAA-CAÑETE-FORTALEZA de la  
Autoridad Nacional del Agua del Ministerio de Agricultura y Riego. Aprobación del  
estudio de acreditación de la disponibilidad hídrica del río Huaura para el Proyecto.**



**Anexo IV: Carta COES/D/DP-1699-2015 del COES SINAC. Otorgamiento de conformidad al estudio de pre operatividad para la conexión al SEIN del Proyecto.**

**Anexo V: Resolución ministerial N° 035-2017-MEM/DM del Ministerio de Energía y Minas. Otorgamiento de concesión definitiva de generación con recursos energéticos renovables.**