



# Yura: Relaciones internacionales

Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio

Revista electrónica ISSN: 1390-938x

N° 18: Abril - junio 2019

Actualización y aplicación de la Guía Práctica para el Desarrollo de Estudios de Inventario, Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño Definitivo de Proyectos de Generación Hidroeléctrica.

GPE INEN 59:2012 p.p. 64-79

Jijón Argüello, Washington Rodrigo; Trujillo Avilés, Moisés Nikolay

Universidad Central del Ecuador

Quito - Ecuador

Av. América y 18 de Septiembre.

wrijon@uce.edu.ec; mntrujillo@uce.edu.ec

*Actualización y aplicación de la Guía Práctica para el Desarrollo de Estudios de Inventario, Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño Definitivo de Proyectos de Generación Hidroeléctrica.*

*GPE INEN 59:2012*

*Jijón Argüello, Washington Rodrigo; Trujillo Avilés, Moisés Nikolay*

*Universidad Central del Ecuador*

*wrjijon@uce.edu.ec; mntrujillo@uce.edu.ec*

## **Resumen**

El desarrollo de las diferentes etapas que comprenden los estudios y diseños necesarios para conceptualizar y definir los proyectos de generación de energía hidroeléctrica implican un análisis amplio y detallado de todos sus componentes, para lo cual es necesaria la intervención de diferentes ciencias e ingenierías que permitan definir y sustentar su implementación, en este contexto, el objetivo de la investigación fue actualizar y aplicar la Guía Práctica para el Desarrollo de Estudios de Inventario, Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño Definitivo de Proyectos de Generación Hidroeléctrica. GPE INEN 59:2012, mediante el levantamiento de información cuya metodología de tipo descriptiva, permita detallar cada etapa del proceso del proyecto de inventario, prefactibilidad, factibilidad y diseño definitivo, basados en información secundaria obtenida de bases de datos gubernamentales. En este sentido los principales resultados se reflejaron en la innovación y mejoramiento continuo detallado en el desarrollo de la nueva guía, en la que ciertos lineamientos deben precisar estudios y diseños de proyectos hidroeléctricos de acuerdo a la profundidad y detalle de su inventario, prefactibilidad, factibilidad y diseño definitivo, concluyendo que un aspecto relevante en el desarrollo de estos estudios es el de incluir la capacidad de gestión de la central de generación una vez terminado el proyecto y que este se oriente a maximizar los ingresos por venta de la energía generada, contrastada con una minimización en los gastos administrativos y de operación y mantenimiento, sin descuidar un servicio de calidad, puesto que, la energía eléctrica al ser un servicio público debe ser de alta fiabilidad, calidad y efectividad como un aporte al desarrollo sostenible del País.

## **Palabras clave**

Estudios de Inventario; Prefactibilidad; Factibilidad; Diseño Definitivo; Proyecto Hidroeléctrico; Central Hidroeléctrica.

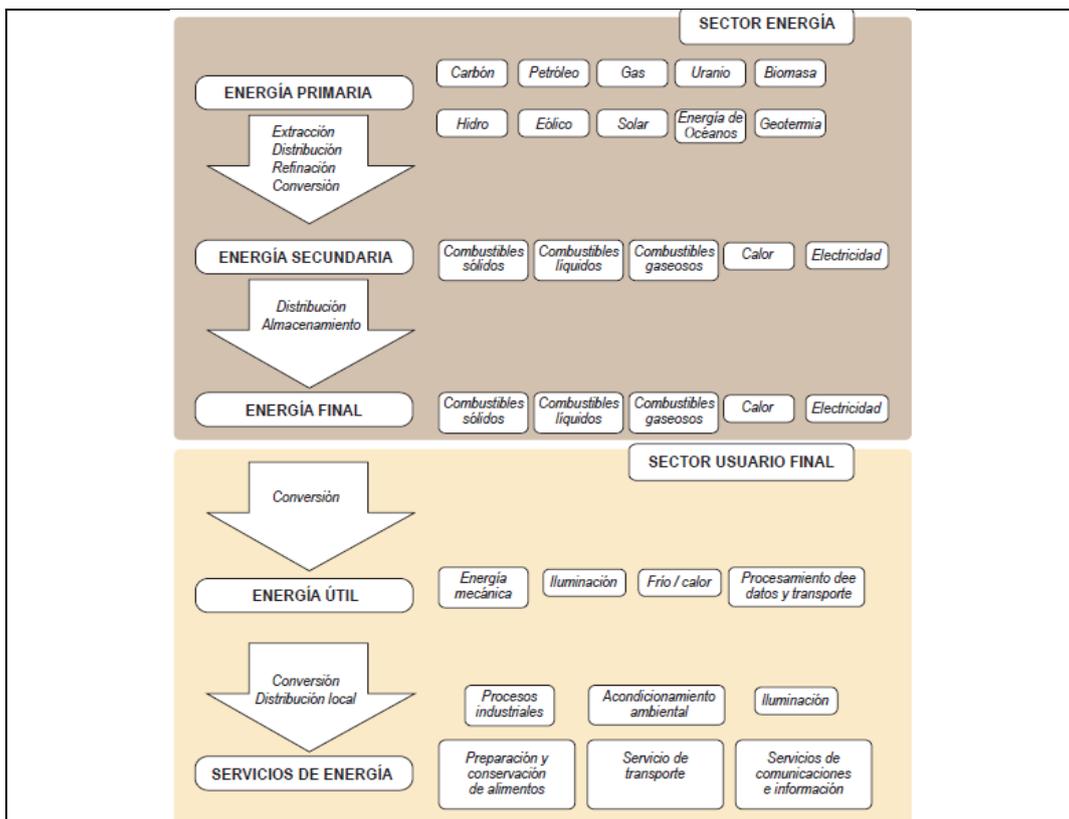
### **Abstract**

The development of the different stages that comprise the studies and designs necessary to conceptualize and define hydroelectric power generation projects to later decide their construction, imply a broad and detailed analysis of all its components, for which the intervention of different sciences and engineering that allow defining and supporting its implementation, in order that this electrical energy is linked to achieve the welfare of society. In this sense, it is necessary to innovate and continuously improve certain guidelines that these studies and designs of hydroelectric projects must contain, which according to their level of depth and detail have been defined in inventory, pre-feasibility, feasibility and final design, in which includes the associated connection network to evacuate this energy, as established by the regulations issued by the entities that govern, regulate and control the Ecuadorian Electricity Sector. A relevant aspect in the development of these studies is to include the management capacity of the generation plant once the project has been completed, which purpose is to maximize the revenue from generated energy sales, in contrast with a minimization of administrative, operation and maintenance expenses, without neglecting quality service since the electric power is a public service that must be of high reliability, quality and effectiveness as a contribution to the sustainable development of the country.

### **Keywords**

Inventory Studies; Prefeasibility; Feasibility; Definitive Design; Hydroelectric project; Hydroelectric power station.

El objetivo del estudio se relaciona con la actualización de la versión uno de la Guía Práctica para el Desarrollo de Estudios de Inventario, Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño Definitivo de Proyectos de Generación Hidroeléctrica. GPE INEN 59:2012, cuya finalidad es establecer las actividades necesaria a cubrir en las diferentes etapas del desarrollo de los estudios de proyectos hidroeléctricos, para definir y sustentar la decisión de ejecutarlos, de tal manera que su operación esté ligada a una razonable rentabilidad económica, social y ambiental. En este sentido la ejecución de un proyecto hidroeléctrico cuya actividad sea la generación de energía eléctrica inicia desde su esquematización conceptual hasta llegar a los estudios definitivos que permitirán construirlo en base a los mejores criterios de las ingenierías y otras ciencias relacionadas. Su desarrollo e implementación está ligado a los resultados de una planificación energética nacional que integre la generación de energía eléctrica y su consumo por parte de la sociedad (figura uno).



**Figura uno.** Sistema Energético

**Fuente:** Manual de Planificación Energética 2017, OLADE

Generalmente, para cada proyecto hidroeléctrico se realizan investigaciones y diseños que transcurren a lo largo del tiempo y que, cada vez, los resultados obtenidos en una actividad previa, sirven de insumo para otra actividad que se desarrollará con más detalle que la anterior, lo cual implica un orden creciente en su importancia, seguridad y confiabilidad.

Es así como la práctica de la ingeniería ha definido el desarrollo de los proyectos hidroeléctricos como ya se indicó, en un conjunto de estudios que contemplan desde una etapa de inventario, prefactibilidad y factibilidad hasta llegar a una etapa de diseño definitivo.

## **Materiales y Métodos**

La investigación de tipo descriptiva conduce al estudio por el acercamiento que permite relacionar las conceptualizaciones de las etapas por las que debe transitar todo proyecto hidroeléctrico, formando la tetralogía inventario-prefactibilidad-factibilidad y diseño definitivo-gestión, en donde las interacciones de estas servirán de base para la toma de decisiones en la ejecución o no de los proyectos, siguiendo un modelo metodológico conducente a la aplicación de la guía para diferentes estudios, la finalidad de la investigación es aplicada obteniendo visualizaciones desde las erudiciones abordadas desde las ciencias de la ingeniería y de los proyectos hacia las ciencias fácticas y las ciencias formales, por lo tanto interdisciplinaria, la información sustraída desde bases de datos gubernamentales, con la participación de grupos de profesionales de distintas profesiones, estudio de tipo no experimental- documental. Llevando a reelaborar la guía metodológica uno, para la propuesta de proyectos hidroeléctricos.

## **Resultados**

### **a. Estudios a Nivel de Inventario**

Es común, como primer paso en el proceso de ejecución de un proyecto hidroeléctrico, comenzar con los denominados Estudios de Inventario, cuyo alcance es el de plantear opciones de esquemas generales de varios proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico, para lo cual se debe combinar el trabajo de oficina y de campo, con la participación de un equipo interdisciplinario de expertos en varias áreas del conocimiento, con el fin de obtener un nivel de estudios global que permita establecer el potencial lineal bruto del sistema hidrográfico, localizando posibles sitios de generación hidroeléctrica. De esta manera, se podrá disponer de una lista de varios proyectos alternativos que cubrirán la demanda actual y futura de energía.

Se deben complementar estas actividades, con un dimensionamiento preliminar de las obras y características físicas y operacionales de cada proyecto, con lo cual se podrá

determinar su capacidad de generación y su presupuesto básico inicial con el fin de obtener elementos de decisión, básicamente económicos, que permitan jerarquizarlos para desarrollarlos en una siguiente etapa de estudios. Este nivel de estudios, por lo general de responsabilidad estatal, está orientado a definir:

- Características generales de la cuenca hidrográfica.
- Validación de información topográfica, cartográfica, hidrológica y meteorológica existente.
- Generación y validación de información obtenida en campo.
- Definición de variables e indicadores sociales, económicos y técnicos del área de influencia.
- Propuestas de generación de información hidrológica y meteorológica.
- Estudios regionales de geología y geotecnia.
- Diagnóstico inicial de la cantidad y calidad del recurso hídrico.
- Estimación del Potencial Hidroeléctrico.
- Listado y jerarquización de proyectos de generación hidroeléctrica.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Glosario de términos y siglas.

La culminación de este estudio debe establecer la bondad técnica, económica, social, ambiental y jurídica de continuar con esta iniciativa y contar con estimaciones de beneficios y costos con rangos de variación adecuados. El informe de esta etapa, permitirá a la autoridad competente, decidir por una de las siguientes acciones: (i) conservar los proyectos para una reconsideración en el futuro, (ii) autorizar la realización del estudio a nivel de prefactibilidad o (iii) descartarlos por no cumplir alguno de los indicadores establecidos.

#### **b. Estudios a nivel de prefactibilidad**

Corresponde a una primera evaluación de un proyecto hidroeléctrico, por lo tanto, la finalidad de este estudio es la de mejorar la calidad de información que debe tener a su cargo la institución y su equipo de trabajo designado para estas actividades. La preparación de este estudio requiere que el equipo de trabajo efectúe actividades de campo y oficina a un nivel más profundo, y, aunque todavía se cuenta con información de fuentes secundarias, la entrega de resultados contará con rangos reducidos de variación para valorar los costos y beneficios del proyecto, el estudio de prefactibilidad debe exigir una interacción entre la preparación técnica del proyecto y su evaluación.

La evaluación debe ser de carácter técnico, económico, financiero, legal, administrativo, social y ambiental, emitiéndose juicios de valor sobre su aptitud en los mismos aspectos. Los resultados de la evaluación del estudio de prefactibilidad decidirán: (i) descartar el proyecto o (ii) elaborar el estudio de factibilidad. El alcance del estudio de prefactibilidad debe establecer varias alternativas del proyecto de generación hidroeléctrica en base al siguiente esquema:

- Estudios hidrológicos, meteorológicos y de sedimentos.
- Levantamientos topográficos preliminares a diferentes escalas.
- Estudio de Impacto Ambiental Preliminar.
- Estudio geológico y geotécnico regional de los sitios de obras de alternativas planteadas.
- Diseños preliminares de las obras de las alternativas.
- Vías de acceso a todas las obras del proyecto.
- Elaboración de planos de las principales obras del proyecto.
- Ubicación de campamentos, escombreras y fuentes de materiales de construcción.
- Características preliminares del equipamiento electromecánico.
- Trazado de la línea de transmisión y forma de conexión y evacuación de la energía.
- Planteamiento de alternativas.
- Presupuesto referencial de cada una de las alternativas.
- Precios de la energía y evaluación de beneficios.
- Fuentes de financiamiento del proyecto.
- Evaluación técnica, económica, ambiental y social de cada alternativa.
- Selección preliminar de la mejor alternativa.
- Elaboración del cronograma de actividades para continuar con los estudios de factibilidad.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Glosario de términos y siglas.

El contenido de estos estudios se lo debe elaborar de acuerdo al siguiente esquema:

1. Introducción.
2. Resumen Ejecutivo.
3. Ficha Técnica, a ser incluida en cada uno de los volúmenes de los estudios, Anexo A.
4. Memoria Descriptiva.

5. Memoria de Cálculo.
6. Capítulo I: Alternativas
  - a) Definición y planteamiento conceptual de alternativas.
  - b) Análisis y estudio de Alternativas.
7. Capítulo II: Hidrología y meteorología
  - a) Características de la cuenca de drenaje.
  - b) Estudios hidrológicos: caudales característicos y curva de duración.
  - c) Estudios meteorológicos: clima, precipitaciones.
  - d) Estudio de sedimentos: transporte de materiales sólidos.
8. Capítulo III: Cartografía, topografía
  - a) Cartografía disponible.
  - b) Información cartográfica digitalizada.
  - c) Levantamientos topográficos preliminares e implantación del proyecto.
  - d) Trazado y ubicación de vías de acceso, escombreras y fuentes de materiales.
9. Capítulo IV: Impacto ambiental preliminar
  - a) Objetivo y alcance del estudio.
  - b) Marco legal e Institucional.
  - c) Descripción de la Línea Base Ambiental: área de influencia directa e indirecta, diagnóstico ambiental para los componentes físico, biótico, social, económico y cultural.
  - d) Identificación y Evaluación preliminar de Impactos ambientales.
    - e) Definición de acciones para desarrollar el Plan de Manejo Ambiental.
10. Capítulo V: Geología y geotecnia
  - a) Estudios geológicos regionales: geomorfología, vulcanología, estratigrafía y sismología.
  - b) Estudios geotécnicos preliminares: mecánica de rocas y mecánica de suelos.
  - c) Investigaciones geológicas y geotécnicas recomendadas.
11. Capítulo VI: Descripción de obras y diseños hidráulicos preliminares
  - a) Desvío del río: caudal de desvío y análisis de alternativas.
  - b) Obras de cierre: definición y características, evacuación del caudal de crecida, paso del caudal ecológico y escalera de peces.
  - c) Obra de captación: definición y características de la estructura de la obra de toma.
  - d) Obras de limpieza, desripador y desarenador.
  - e) Selección y predimensionamiento de la estructura de conducción.

- f) Obras de caída: selección preliminar de tanque de presión o chimenea de equilibrio.
- g) Tubería de presión: tipo de estructura, dimensiones y materiales.
- h) Casa de máquinas: tipo de estructura, dimensionamiento arquitectónico y obra de descarga.

## 12. Capítulo VII: Aspectos energéticos

- a) Potencia instalada y producción hidroenergética.
- b) Incidencia en el Sistema Nacional Interconectado o de Distribución.

## 13. Capítulo VIII: Equipamiento

- a) Diseño y selección preliminar del equipo mecánico y eléctrico.
- b) Trazado y diseño preliminar de la Línea de transmisión.
- c) Subestaciones de salida y llegada.

## 14. Capítulo IX: Presupuesto

- a) Adaptación y selección de precios referenciales.
- b) Volúmenes de obra.
- c) Presupuesto de obras civiles y equipamiento electromecánico.

## 15. Capítulo X: Evaluación de alternativas

- a) Comparación y evaluación técnica, económica y ambiental de alternativas.
- b) Cronograma valorado de ejecución.
- c) Fuentes de financiamiento: capital propio y créditos necesarios.
- d) Indicadores económicos y financieros.
- e) Recomendación de alternativas.

## 16. Capítulo XI: Planos

- a) De ubicación e implantación del proyecto, línea de conexión y vías de acceso.
- b) Cartográficos y Topográficos preliminares.
- c) Geológicos y Ambientales.
- d) De diseños hidráulicos de las diferentes obras civiles.
- e) De diseños del equipamiento mecánico y eléctrico.

### **c. Estudios a nivel de factibilidad**

El estudio de factibilidad, en este caso para la alternativa seleccionada inicialmente, incluye básicamente el mismo esquema de contenido que el de prefactibilidad, pero con una mayor profundidad y un mínimo nivel de variación en el diseño y en los montos de los costos y beneficios.

El estudio de factibilidad requiere la participación de un equipo multidisciplinario e interdisciplinario de expertos, quienes en base a información obtenida en la etapa anterior establecerán detalles más reales del equipamiento electromecánico, obras civiles, licencias de operación y fundamentalmente opciones de financiamiento. Este estudio debe establecer de manera casi definitiva aspectos técnicos relacionados con la localización, implantación, capacidad, tecnología, cronograma valorado de ejecución, período de operación experimental y fecha de entrada en operación comercial.

El estudio debe incluir los pliegos que contengan las bases y términos de referencia para convocar la licitación de la siguiente etapa de estudios que corresponde al diseño definitivo y a la construcción de obras civiles y montaje del equipo electromecánico. Debe contemplar además un levantamiento catastral, con la finalidad de que el promotor legalice la tenencia de tierras a ser ocupadas por todos los componentes del proyecto.

El objetivo y alcance del estudio de factibilidad debe definir y establecer las características de la alternativa seleccionada, en base al siguiente esquema:

- Levantamiento topográfico detallado de los sitios de implantación de obras.
- Estudios hidrológicos, meteorológicos y de sedimentos.
- Estudio de geología y geotecnia: análisis sísmico y vulcanológico, calicatas, perforaciones, geofísica, sondeos eléctricos y galerías de inspección.
- Diseño hidráulico y estructural detallado de las obras civiles.
- Definición, diseño y características del equipo eléctrico y mecánico.
- Trazado y diseño de la línea de conexión asociada.
- Estudio de Impacto Ambiental Definitivo y Plan de Manejo Ambiental.
- Análisis de la influencia del proyecto en el Sistema Nacional Interconectado o de Distribución.
- Cálculo de cantidades de obra, precios unitarios actualizados y presupuesto del proyecto.
- Valoración de la energía firme, media y secundaria que producirá el proyecto.
- Evaluación económica, social y financiera del proyecto.
- Cronograma valorado de ejecución del proyecto.
- Fuentes de financiamiento para la construcción del proyecto.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Glosario de términos y siglas.

El contenido de estos estudios se lo debe ejecutar de acuerdo al siguiente esquema:

- 1 Resumen Ejecutivo.
- 2 Ficha Técnica, a ser incluida en cada uno de los volúmenes de los estudios, Anexo A.
- 3 Memoria Descriptiva.
- 4 Memoria de Cálculo.
- 5 Capítulo I: Alternativa seleccionada
  - a) Análisis y justificación legal, técnica, económica, financiera y ambiental.
- 6 Capítulo II: Hidrología y meteorología
  - a) Características de la cuenca de drenaje en base a información recolectada en campo.
  - b) Registros de campañas de aforos líquidos y sólidos.
  - c) Métodos de cálculo a utilizar.
  - d) Volumen útil.
  - e) Curva de duración.
  - f) Caudal medio, máximo, mínimo y ecológico.
  - g) Caudal de diseño.
  - h) Estimación de Sedimentos generados por la cuenca de drenaje.
  - i) Análisis físico y químico del agua y de los sedimentos.
  - j) Cuadros y tablas de registros y cálculos.
- 7 Capítulo III: Cartografía, topografía
  - a) Digitalización de cartografía específica.
  - b) Levantamientos topográficos de detalle de sitios de implantación de las obras del proyecto.
  - c) Ubicación de campamentos, servicios básicos, escombreras y fuentes de materiales.
- 8 Capítulo IV: Estudio de impacto ambiental definitivo, eiad
  - a) Resumen Ejecutivo del EIAD.
  - b) Introducción.
  - c) Ficha Técnica que contenga: Información del proponente del proyecto, información del Consultor Ambiental y Profesionales que participaron en el Estudio.
  - d) Objetivos y Alcance del EIAD.
  - e) Marco Legal e Institucional.
  - f) Metodologías empleadas.
  - g) Descripción detallada del Proyecto.
  - h) Determinación de Áreas de Influencia Directa e Indirecta.
  - i) Descripción del componente físico, biótico, social, económico y cultural del área de influencia directa e indirecta.

- j) Identificación, predicción y Evaluación de Impactos para las etapas de construcción, operación, mantenimiento y retiro de la infraestructura del proyecto.
  - k) Determinación de Áreas Sensibles.
  - l) Plan de Manejo Ambiental: Acciones orientadas a Prevención, Mitigación y Compensación, Manejo de Desechos, Capacitación Ambiental, Monitoreo y Seguimiento, Participación Ciudadana, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, Plan de Contingencias, Rehabilitación de áreas afectadas y Retiro de la infraestructura.
  - m) Anexos que incluyan: Cartografía Temática, mapa base, ubicación política administrativa, áreas de influencia, áreas sensibles, puntos de muestreo, cobertura vegetal, uso de suelo, clima, puntos de monitoreo, información de campamentos, información de escombreras, mapas, planos, fotografías, permisos de investigación, resultados de los análisis de laboratorio, certificados de los laboratorios acreditados, certificados de calibración de los equipos empleados para el EIAD, determinación del Caudal Ecológico, certificación del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural y la bibliografía e información utilizada.
  - n) Obtención de la Licencia Ambiental otorgada por el organismo competente.
- 9 Capítulo V: Geología y geotecnia
- a) Estudios geológicos detallados: hidrogeología, estratigrafía, tectónica.
  - b) Análisis y registros de sondeos mecánicos, calicatas, penetración y permeabilidad.
  - c) Estudios de Mecánica de Rocas y Suelos: muestreo, ensayos de campo y físicos y químicos de laboratorio, estabilidad de suelos y de taludes, cimentaciones.
  - d) Geofísica, sísmica y vulcanología.
  - e) Sondeos eléctricos.
- 10 Capítulo VI: Diseño hidráulico y estructural de obras civiles
- a) Diseño de la obra de desvío del río.
  - b) Obras de cierre: selección del tipo de presa o azud, características físicas y geométricas, vertedero de excesos, cimentaciones, subpresión, cálculo de estabilidad, factores de seguridad y diseño estructural de todos los componentes.
  - c) Obras de captación: selección del tipo de toma, características físicas y geométricas, rejillas, paso del caudal ecológico, escalera de peces.
  - d) Sistema de limpieza de basuras y sedimentos: desripiador y desarenador con sus compuertas de admisión y salida, cámaras de sedimentación y canal directo.

- e) Obras de conducción: análisis y definición hidráulica y económica del tipo de conducción.
- f) Diseño del canal, túnel a gravedad o a presión, tubería de conducción: longitud, sección hidráulica, trazado, dimensiones.
- g) Obras de caída: selección de tanque de presión o chimenea de equilibrio.
- h) Tanque de presión: niveles y condiciones de operación, volumen útil, vertedero de excesos.
- i) Chimenea de equilibrio: características físicas y operacionales, análisis de flujo, dimensionamiento hidráulico y geométrico.
- j) Tubería de presión: material de construcción seleccionado, trazado, número, diámetro, espesor, apoyos y anclajes, juntas de expansión, válvulas, bifurcaciones.
- k) Casa de máquinas: selección y tipo de central, características físicas y arquitectónicas, dimensionamiento de acuerdo al tipo de turbina seleccionado.

#### 11 Capítulo VII: Equipamiento

- a) Selección del tipo de turbina: altura de diseño, velocidad de rotación y específica, eficiencia, potencia, dimensiones y características de la turbina, control de la calidad, número de unidades, pruebas y operación definitiva.
- b) Grupo generador: potencia nominal, rotor, regulador de velocidad y tensión, sistema de refrigeración y lubricación, sistema de arranque.
- c) Grupo transformador: número de fases, voltaje, eficiencia, forma, características, núcleo, bobinas, disposición, sistemas de aislamiento, relés, tablero de control.

#### 12 Capítulo VIII: Interconexión

- a) Línea de conexión asociada: trazado, longitud, voltaje, capacidad, tipo y calibre del conductor, número de circuitos, tipo y número de torres, conductores de guarda.
- b) Subestaciones: tipo, voltaje nominal, corriente nominal, número de posiciones, velocidad de apertura.

#### 13 Capítulo IX: Estudios eléctricos

- a) Análisis de incidencia al Sistema Nacional Interconectado o de Distribución.
- b) Factor de planta.
- c) Producción energética.
- d) Ingresos por venta de energía.

#### 14 Capítulo X: Presupuesto y análisis económico

- a) Análisis de precios unitarios actualizados.
- b) Volúmenes de obra de cada componente.

- c) Presupuesto total del proyecto.
- d) Cronograma valorado de ejecución.
- e) Flujo de caja.
- f) Indicadores financieros y económicos.

#### 15 Capítulo XI: Planos

- a) De ubicación del proyecto y línea de conexión.
- b) Topográficos y cartográficos.
- c) De vías de acceso, campamentos, servicios básicos y escombreras.
- d) Geológicos y geotécnicos.
- e) Ambientales.
- f) De diseños hidráulicos de todos los componentes.
- g) De diseños del equipamiento hidromecánico y mecánico.
- h) De diseños del equipamiento eléctrico y subestación.
- i) De diseños y cálculos estructurales de todos los componentes.
- j) Trazado de la línea de conexión.

#### **d. Estudios y Diseños Definitivos**

Tienen la finalidad de presentar un diseño detallado de todas las partes y componentes de las diferentes obras civiles, del equipamiento y del sistema de conexión, lo cual implica aplicar normas y metodologías que regulen la construcción, montaje y operación del proyecto, es decir una ingeniería de detalle. Es necesario establecer y definir la forma y condiciones de contratar el suministro del equipo, su montaje y la construcción de obras, analizando propuestas y las mejores ventajas para el dueño del proyecto.

En razón de la magnitud del proyecto, se deben complementar estos estudios y diseños mediante la elaboración de modelos con simulación matemática, virtuales o computacionales en 3D y modelos físicos, con lo cual se reproduce a una escala reducida, fenómenos o procesos relacionados a un proyecto hidroeléctrico, cumpliendo reglas de similitud geométrica, cinemática y operativa. Adicionalmente, es necesario incluir el proceso administrativo de la gestión y organización de las etapas de ejecución y operación del proyecto, para lo cual se deben definir los componentes y estructuras gerenciales.

Los estudios deben contener el resumen ejecutivo, la memoria de cálculo, descripción de normas y especificaciones técnicas para el suministro, montaje y puesta en operación experimental y comercial. Las especificaciones para obras civiles a manera informativa y no limitante, deben contemplar:

- Materiales de construcción y señalización de vías de acceso permanente y temporal.
- Excavaciones a cielo abierto o subterránea con y sin explosivos y disposición de materiales.
- Preparación del terreno para cimentaciones de obras.
- Elaboración del hormigón: condiciones del cemento, agua, agregados, aditivos, dosificaciones, transporte, control de la calidad, equipos, colocación, extendido, compactación y acabado.
- Acero de refuerzo y estructural: dimensiones, corte, doblado, tensión, corrugación, espaciamiento, empalmes, soldadura, manejo, almacenamiento, anticorrosivos.
- Infraestructura: oficinas, talleres, laboratorios, bodegas, servicios básicos, rotulación y señalética, bodegas, disposición de materiales.
- Edificaciones: arquitectura, cimentaciones, muros, techos, pintura, pisos, mampostería, puertas y ventanas, cerrajería, vidrios, instalaciones básicas, mobiliario, y seguridades.

Las especificaciones igualmente, a manera informativa y no limitante para obras electromecánicas deben contemplar:

- Embalaje, carga, transporte y descarga de equipos.
- Documentos técnicos de los equipos: planos de implantación, montaje y As-built, lista de materiales, manuales de operación y mantenimiento.
- Control de la calidad, inspecciones y tolerancias.
- Soldaduras, pinturas y acabados.
- Tablas de esfuerzos y mecanismos de izaje.
- Dimensiones, planos, componentes y especificaciones de la turbina, potencia, operación y comportamiento, eficiencias y velocidades, cojinete, eje, rodete, distribuidor, cámara, regulador, válvulas, refrigeración.
- Dimensiones, planos, componentes y especificaciones del generador, estator, aislamiento, rotor, eje, apoyos y unidades de generación.
- Personal necesario: ingenieros residentes, supervisores, soldadores, ayudantes.
- Montaje.
- Registros de pruebas y rendimientos de válvulas, turbinas, generadores y transformadores.
- Repuestos, herramientas y garantías.

- Listado de normas para materiales, diseño, fabricación, pruebas, nomenclatura y terminología.
- Conclusiones, recomendaciones.
- 

### Discusión

El trabajo presenta los lineamientos necesarios para emprender una propuesta de desarrollo, diseño y construcción de un proyecto hidroeléctrico, los cuales pueden ser aplicados por empresas públicas o privadas interesadas en aportar energía eléctrica al País, de tal manera que se logre un determinado nivel de bienestar para los diferentes actores de la sociedad.

La investigación transita un camino holístico orientado a facilitar la visión del contenido de los diferentes niveles de estudio, mismo que puede ser entendido y aplicado por diferentes estamentos relacionados al sector hidroeléctrico.

El estudio se orienta a la actualización de la primera guía desarrollada por un equipo interdisciplinario en donde intervinieron profesionales de distintas instituciones públicas y privadas y publicadas por el INEN en el año 2012.

### Lista de referencias

- Chow, V. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. McGraw Hill.
- Chow, V. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill.
- Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP. (2013). *Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y Diseños Definitivos para la Licitación de la Construcción, Proyecto Hidroeléctrico Cardenillo, 596 MW*. Quito: CELEC EP.
- Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP. (2016). *Estudios de Factibilidad y Diseño Definitivo del Proyecto Hidroeléctrico Santiago de 3.600 MW*. Quito: CELEC EP.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *Guía Práctica para el Desarrollo de Estudios de Inventario, Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño Definitivo de Proyectos de Generación Hidroeléctrica*. Quito: INEN.
- Jijón Argüello, W. (2018). Un aporte para la Optimización del Uso y Aprovechamiento del Agua en Proyectos de generación Hidroeléctrica. *MQRinvestigar*, Vol.2-N° 02, 2018, pp. 3-18.
- Krochin, S. (1982). *Diseño Hidráulico*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Ojeda, J., Jiménez, P., Quintana, A., Crespo, G., & Viteri, M. (2015). Protocolo de investigación. (U. d. ESPE, Ed.) *Yura: Relaciones internacionales*, 5(1), 1 - 20.
- Sviatoslav, K. (1982). *Diseño Hidráulico*. Quito : Escuela politécnica Nacional.
- Vélez Upegui, J. (2013). *Diseño Hidráulico e Hidrológico de obras de ingeniería para proyectos viales*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Actualización y aplicación de la Guía Práctica para el Desarrollo de Estudios de Inventario, Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño Definitivo de Proyectos de Generación Hidroeléctrica. GPE INEN 59:2012

Vélez Upegui, J., Botero Hernández, B., Parra Toro, C., Aristizábal Murillo, V., & Marulanda Aguirre, A. (2013). *Diseño Hidráulico e Hidrológico de obras de Ingeniería para proyectos viales*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.