

**MARCO CONCEPTUAL ESPECÍFICO  
PROYECTOS DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS**

CAF-BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA



Bogotá, D.C.  
Enero de 2017



## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. Definición de las etapas y actividades del proyecto .....	5

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Infraestructura básica de las PCH.....	2



## **MARCO CONCEPTUAL ESPECÍFICO**

### **PROYECTOS DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS**

CAF financia Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) para atender pequeñas poblaciones rurales, estas PCH pueden tener capacidad instalada de entre 1 megavatio y 20 megavatios, estos proyectos pueden incluir las obras de cierre y captación, las obras de conducción (o derivación), la sala de máquinas para la generación (la central en sí) y las obras de distribución, por lo tanto, esta Guía aplica a todos los proyectos de este tipo.

A continuación se definen las características de proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas, así como los componentes típicos y elementos principales de dichos proyectos, esto con el fin de ofrecer una mejor orientación en relación con las intervenciones necesarias para la gestión del riesgo ambiental y social en este tipo de proyectos.

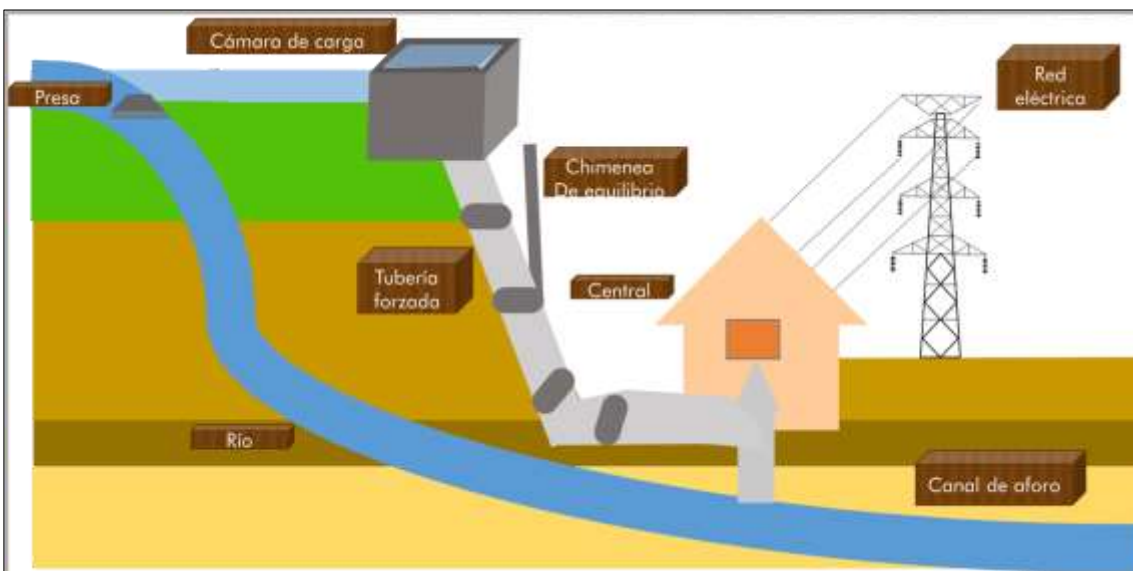
Se entiende por Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, las presas hidroeléctricas de pequeño porte, cuya capacidad instalada sea superior a 1 megavatio e inferior a 20 megavatios, y el área total del espejo de agua del reservorio sea igual o menor a los 3 kilómetros cuadrados. Las PCH son centrales que aprovechan la fuerza de los caudales de los ríos para producir la energía eléctrica.

En términos generales, el proceso que realiza una PCH es transformar la energía potencial o cinética, por ejemplo, de un cauce de agua (río). Una vez se captura el agua se puede llevar a un pequeño reservorio donde se tiene energía potencial, o se conduce directamente a una tubería en cuyo caso inmediatamente se tiene energía cinética, la cual se transforma en energía mecánica en la turbina y se transfiere al generador a través del eje que conecta turbina con generador. Este último se encarga de convertir la energía mecánica en eléctrica a un voltaje determinado.

En otras palabras, se trata de obras apropiadas para atender las necesidades de energía eléctrica de pequeñas poblaciones rurales, que suelen quedar fuera de los sistemas eléctricos interconectados, por lo que su aplicación se limita exclusivamente a las zonas no interconectadas.

La infraestructura básica de las PCH comprende 5 subsistemas: (i) las obras de cierre y captación, (ii) las obras del aliviadero, (iii) las obras de carga y conducción (o derivación), (iv) la sala de máquinas (la central), y (v) las obras de distribución, las cuales se pueden identificar en el esquema de la Figura 1:

**Figura 1.** Infraestructura básica de las PCH



**Fuente:** <http://www.docenariosostenible.com/energias.htm>. Adaptado por Consorcio INERCO FACTOR, 2016.

Las obras de cierre y captación: son aquellas que permiten el almacenamiento de agua o su elevación para su derivación a la toma de agua. En el diseño deben considerarse aspectos básicos asociados a la calidad del agua y la seguridad de las obras en el cauce natural, así como al mantenimiento de un caudal ecológico.

Las obras del aliviadero: permiten el paso del agua desde el embalse hasta el cauce del río, aguas abajo sin pasar por la turbina. De igual forma, las válvulas controlan el nivel del embalse para una operación segura tanto desde el punto de vista eléctrico como hidráulico.

Las obras de carga y conducción (o de derivación): son el conjunto de instalaciones que transportan los caudales hídricos hasta la turbina, ubicadas entre la toma de agua y el ingreso a la sala de máquinas. Básicamente pueden distinguirse:

- Canales (a cielo abierto o ductos cerrados).
- Cámara de carga.
- Tubería de presión.

De acuerdo con el tamaño de la PCH que se pretenda instalar, se necesita una cantidad mayor o menor de conducciones. Desde las situadas a pie de presa hasta las centrales donde el agua tiene que hacer un recorrido más largo, aplicando sistemas de desviación, en donde no se detiene el caudal sino que se deriva parte por un canal o por una tubería hacia la turbina. Cuando se utilizan sistemas de embalse, en cambio, se incluye un dique para detener el caudal y formar el embalse. Ambos sistemas tienen sus ventajas y sus contras: primero, no se puede acumular agua, y segundo, el sistema es más costoso y hay acumulación de sedimentos, por lo que se precisa realizar dragados para evitar que decaiga la capacidad de generación eléctrica. En cualquiera de los casos, se deben considerar lo que se conoce como las pérdidas de carga,

debidas a la fricción del agua contra las paredes de la tubería o mecanismo de conducción, por ejemplo, canales a cielo abierto. Las tuberías a presión siempre son cerradas, por lo que se acostumbra construir una chimenea de amortiguamiento para disipar la energía del golpe de ariete.

La sala de máquinas—la central en sí—incluye una turbina la cual se selecciona principalmente por los parámetros de caudal y el salto así:

- Kaplan: caudales variables y salto pequeño.
- Francis: variaciones de caudal moderadas y saltos más elevados.
- Pelton: grandes saltos, independientemente de la variación de caudal.

Un regulador de velocidad, un generador y los tableros de control y de protección. Consiste en una sala donde se aloja el equipamiento de conversiones de energía que transforma la energía hidráulica en mecánica primero, y posteriormente en eléctrica. Para adaptar las velocidades de los ejes de la turbina y del generador se usan multiplicadores (poleas, habitualmente), que deben ser debidamente protegidos para seguridad de los operarios. Como se mencionó anteriormente, la potencia disponible del generador eléctrico depende del caudal de agua para ser turbinado y el salto existente en cada instante al cual se le aplica un factor de eficiencia con la tecnología del generador que se decida instalar.

Luego de ser turbinada el agua y haber generado energía, esta es devuelta al río a través de un canal, generalmente corto, conocido como canal de descarga.

La oferta hidráulica depende del canal y altura de la carga. A efectos de los análisis técnicos y ambientales, se considera:

- a. Alta caída: 100 – 150 metros
- b. Caída media: 30 – 100 metros
- c. Baja: menos de 30 metros
- d. Muy baja: menos de 10 metros

La electricidad generada puede ser para carga y distribución de baterías (en cuyo caso conviene generar corriente continua); o para ser distribuida para alimentar micro redes (en este caso, se genera corriente alterna y se debe contar en la PCH con un sistema de regulación de frecuencia para controlar el balance generación-demanda). La corriente alterna trifásica puede ser necesaria cuando hay alta demanda y se le dan usos productivos que deben ser resueltos con motores trifásicos.

*Obras de transporte y distribución de la energía generada:* incluyen una estación de transformación y las líneas de media tensión. Si la carga se distribuye en un radio de 1,5 y 2 kilómetros (desde la sala de máquinas), conviene un sistema totalmente de baja tensión. Si como es más frecuente, se abarca un área más amplia, de varios kilómetros, se deben usar líneas de media o inclusive de alta tensión. En cualquier caso, la recomendación específica es

intentar aprovechar los tendidos preexistentes. En caso de ser necesario tender nuevas líneas de transmisión por distancias superiores, se debe remitir a la Guía específica para Proyectos de Tendido Eléctrico desarrollada por CAF.

A efectos de la aplicación de esta Guía, se deben considerar los impactos potenciales que pueden generarse, a partir de cualquiera de los elementos que conforman el sistema de generación hidráulica, en las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto.



## 1. DEFINICIÓN DE LAS ETAPAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Según Miranda (s.f.) el ciclo de vida de un proyecto de pequeñas centrales hidroeléctricas comprende varias etapas y actividades, es relevante identificar y conocer las actividades que son realizadas como parte del diseño y la ejecución del proyecto -entendido como un agente perturbador o amenaza del territorio receptor- puesto que esto permite hacer explícitos los supuestos de generación de impactos, sobre los que se realiza la planificación y gestión del riesgo ambiental y social de los proyectos. A continuación, se presentan brevemente los objetivos y características centrales de las etapas de ejecución de este tipo de proyectos.

Los proyectos objeto de esta guía deben tener en cuenta las siguientes características y condiciones:

- **Objetivos:** se deben definir claramente los objetivos y metas. Es necesario que se puedan cuantificar y medir mediante indicadores.
- **Ordenamiento de actividades:** todo proyecto debe conservar un orden en las actividades a ejecutar, desde la concepción de la idea hasta su ejecución y puesta en marcha.
- **Localización:** la localización geográfica y espacial debe estar claramente definida.
- **Etapas del proyecto:** delimitación clara de las etapas del proyecto.
- Determinación de los **recursos** para ejecutar el proyecto y su entrada en operación.

En general, el ciclo de los proyectos corresponde a las fases que se cubren en el proceso de transformación de la idea a la respuesta, en la provisión de bienes o servicios que brindan solución a problemas previamente identificados.

El ciclo de vida de cualquier proyecto se inicia con la identificación de un problema o necesidad a la que se le busca una solución. Considera las siguientes etapas: prefactibilidad, factibilidad, diseño final, construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento.

- *Prefactibilidad:* en esta etapa se depuran y afinan a mayor nivel de detalle los estudios técnicos, administrativos, institucionales y ambientales, para cada alternativa evaluada en la fase de perfil, descartando de manera definitiva las no factibles y seleccionando la mejor, para lo cual se recurre a profundizar en algunas variables a través de levantamiento de información primaria para depurar mejores los resultados. Adicionalmente, se realizan los análisis de sensibilidad para observar el comportamiento del proyecto ante supuestas alteraciones de las condiciones iniciales.
- *Factibilidad:* se realiza una primera aproximación al proyecto y medio receptor, con base en la compilación y los estudios de antecedentes y de riesgos. Se define el área que se evalúa en el proceso de selección del emplazamiento óptimo de la PCH y se desarrolla la estrategia para planificar la operación. Adicionalmente, se debe gestionar la obtención de los permisos locales y regionales de las autoridades no relacionadas con el sector eléctrico para la construcción de la PCH, los cuales son un requisito previo a cualquier gestión de diseño definitivo de ingeniería o de construcción.

- *Diseño final:* es la etapa fundamental del proyecto, en la cual se definen los sitios de emplazamiento de las obras, se calcula el potencial hidrológico, se define la potencia de la turbina y el generador, se establecen las condiciones y principios de control y protección de la PCH y se realizan los diseños de detalle de todo el conjunto de obras civiles descritas anteriormente. Adicional a ello, se establece el plan de organización laboral y la obtención legalizada de los terrenos para emplazar la PCH y sus obras conexas, principalmente civiles y eléctricas, para extraer la energía generada. En el caso de contar con una presa, se deben adquirir los predios que se inundan, prever las compensaciones sociales y ambientales asociadas y considerar la compra de franjas de tierra para el amortiguamiento del embalse de acuerdo con la normativa ambiental del país donde se desarrolle el proyecto.
- *Construcción:* consiste en la realización de todas las obras civiles en el territorio. En esta etapa se genera un porcentaje significativo de los impactos del proyecto, razón por la cual deben tomarse todas las precauciones posibles para que estos sean prevenidos, minimizados o mitigados dentro de las posibilidades determinadas por los diseños definidos. Para aquellos impactos significativos que no puedan ser mitigados, deben planificarse y ejecutarse las medidas de compensación que, generalmente, son establecidas por la autoridad ambiental y los demás organismos que tienen autoridad directa sobre el proyecto. Así mismo, se debe verificar el cumplimiento de los requisitos del diseño, de las compensaciones de los impactos, de los compromisos conexos y de la certificación de cumplimiento técnico que dan fe de la conformidad del proyecto de la PCH con respecto a la normativa vigente.

En caso de requerirse realizar actividades de ampliación y/o modificación, que implican el diseño y construcción de nuevas obras, las consideraciones respecto a los posibles impactos en esta etapa son las mismas que las señaladas en las etapas de Diseño y Construcción.

- *Operación y mantenimiento:* a partir de la declaración en explotación comercial de la PCH y sus obras conexas, se inicia la generación hidroeléctrica y se desarrollan las actividades de operación y mantenimiento. Los impactos en esta etapa se derivan de las modificaciones que se introduzcan al medio físico y sus consecuencias en el ambiente y medio social, según el tipo de PCH que se haya instalado.
- *Desmantelamiento o reposición de activos:* consiste en el desmontaje y retiro de los equipos y construcciones implantadas para la operación. En esta etapa se debe procurar, en la medida de lo posible, la restauración de las condiciones ambientales previas a la implantación del proyecto.

En el caso de la presa es poco probable su retorno a la situación anterior; pudiendo si modificarse su destino, por ejemplo sirviendo al abastecimiento de agua para riego o consumo humano previo tratamiento.

Como se mencionó, no es probable el desmantelamiento, por lo que la actividad que se realiza con mayor frecuencia es la actualización tecnológica que es sencillamente una reposición parcial o total de la infraestructura original, a cuenta de la obsolescencia técnica o para mitigar riesgos subyacentes que, generalmente, son causados por el entorno natural o por la intervención humana.

Habitualmente, incluyen la repotenciación de la turbina y/o el generador con sus controles para aprovechar el caudal de mejor forma con una tecnología más moderna. En este caso, debe considerarse el tamaño de la intervención define los permisos previos que se deben tramitar.

En la Matriz 01 se listan y describen, brevemente, aquellas actividades técnicas principales de un proyecto de pequeñas centrales hidroeléctricas, identificadas como susceptibles de generar alteraciones significativas en el medio físico-ambiental, social e institucional, durante todas las etapas de ejecución, desde el prediseño hasta el desmantelamiento.

- Esta Guía no hace referencia detallada a todas las actividades que pueden estar involucradas en un proyecto de pequeñas centrales hidroeléctricas, sino exclusivamente a aquellas consideradas como susceptibles de generar impactos en el medio receptor.
- Las sugerencias previstas no sustituyen ni invalidan la planificación del proyecto de acuerdo con las normas técnicas nacionales o internacionales, ni los requerimientos técnicos específicos vigentes y aplicables para cada una de las etapas y actividades de los proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas.

Este listado debe considerarse como una referencia u orientación al momento de elaborar los estudios y tareas de gestión de riesgo ambiental y social. El listado definitivo de las actividades que se deben considerar puede variar dependiendo de cada proyecto y de las condiciones específicas del medio receptor.