



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**AUTORIZACIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA
PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS MENORES A 1000 KW**

Luis Miguel Vaquix López

Asesorado por el Ing. Juan Carlos Hernández Canales

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUTORIZACIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA
PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS MENORES A 1000 KW**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS MIGUEL VAQUIAX LÓPEZ
ASESORADO POR EL ING. JUAN CARLOS HERNÁNDEZ CANALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

AUTORIZACIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS MENORES A 1000 KW

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 31 de octubre de 2013.



Luis Miguel Vaquias López

Guatemala 15 abril de 2016

Ingeniero
Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador Área de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero Melini

Por este medio informo que he revisado el trabajo de graduación del estudiante Luis Miguel Vaquiáx López, quien se identifica con número de carné 2001-17123, el cual se titula **“AUTORIZACIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS MENORES A 1000 KW”**, sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,


Juan Carlos Hernández Canales
Maestro en Ingeniería Sanitaria
Ingeniero Civil
Colegiado No. 9,233
Msc. Ing. Civil Juan Carlos Hernández Canales
Asesor



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
 25 de abril de 2016

Ingeniero
 Hugo Leonel Montenegro Franco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **AUTORIZACIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS MENORES A 1000 KW**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Miguel Vaquias López, quien contó con la asesoría del Ingeniero Juan Carlos Hernández Canales.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
 Jefe Del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 PLANEAMIENTO
 USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Carlos Hernández Canales y del Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Luis Miguel Vaquias López, titulado **AUTORIZACIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS MENORES A 1000 KW**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio 2016
 /mrrm.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

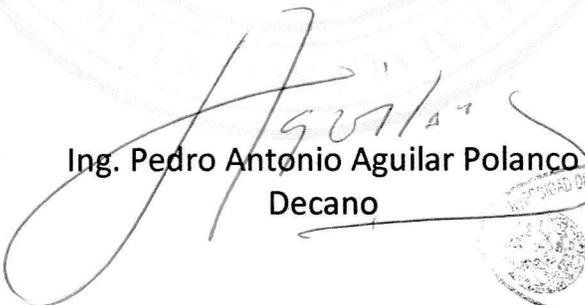


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 323.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **AUTORIZACIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS MENORES A 1000 KW**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Miguel Vaquix López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, julio de 2016

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haber creado el milagro de la vida.
Mi madre	Dora Lidia López, por todo su amor, esfuerzo y ejemplo a lo largo de mi vida, por alimentar mi alma y mis sueños.
Mi padre	José Abelardo Vaquix, por su ejemplo de lucha y esfuerzo.
Mi esposa	Isabel Sic, por el amor y apoyo que siempre me brinda.
Mi hija	Angie Vaquix Sic, por recibirme siempre con los ojos cerrados y los brazos abiertos.
Mis hermanos	Abelardo, Manuel y Andrea Vaquix, por compartir los sueños y deseos de infancia.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por haberme dado la oportunidad de vivir y culminar esta etapa de mi vida.
Mis padres	Por todo el apoyo y amor que siempre me brindaron.
Mi esposa	Isabel Sic, por todo el apoyo durante estos años y los momentos que hemos compartido desde que decidimos recorrer y luchar juntos por esta vida.
Mi hija	Angie Vaquias Sic, por existir, por enseñarme a ser padre y por ser quien me inspira a seguir adelante.
Ing. Juan Carlos Hernández Canales	Por su amistad y ayuda proporcionada para la elaboración del presente trabajo.
Mis amigos	De la infancia, del trabajo y de la universidad, gracias por su amistad.
Facultad de Ingeniería, USAC	Por ser mi casa de estudios y fuente de sabiduría.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Contexto del sector energético de Guatemala.....	5
2. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	7
2.1. Clasificación según su régimen de flujo.....	7
2.1.1. Centrales de agua fluyente	7
2.1.2. Centrales de embalse	7
2.1.3. Centrales de regulación	9
2.1.4. Centrales de bombeo o reversibles	9
2.2. Componentes de una central hidroeléctrica.....	10
2.2.1. Presas o diques de derivación	10
2.2.1.1. Presa de terraplén.....	11
2.2.1.2. Presa de hormigón.....	12
2.2.1.3. Presa de arco.....	13
2.2.1.4. Presa de contrafuerte.....	14
2.2.2. Bocatoma.....	15
2.2.3. Desarenador	16
2.2.4. Línea de conducción.....	18

2.2.5.	Cámara de carga	19
2.2.6.	Línea de presión	20
2.2.7.	Casa de máquinas.....	21
2.2.8.	Subestación de recibo	22
2.2.9.	Línea de transmisión	22
3.	IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE PROYECTOS	
	HIDROELÉCTRICOS.....	25
3.1.	Ubicación.....	25
3.2.	Localización.....	26
3.3.	Estudio de reconocimiento	26
3.4.	Topografía	27
3.5.	Hidrología	28
3.5.1.	Métodos para medir caudales	29
3.5.1.1.	Métodos directos	29
3.5.1.1.1.	Método área velocidad	29
3.5.1.1.2.	Dilución con trazadores	31
3.5.1.2.	Métodos indirectos.....	32
3.5.1.2.1.	Estructuras hidráulicas	32
3.5.1.2.2.	Método área-pendiente.....	33
3.5.2.	Calidad del agua.....	33
3.6.	Geotecnia	33
3.7.	Equipo que realiza el estudio de reconocimiento	34
3.8.	Informe del estudio de reconocimiento	34
3.9.	Aspecto social y económico	35
3.10.	Aspecto ambiental.....	35
4.	ETAPAS DE PREPARACIÓN Y FORMULACIÓN DE PROYECTOS	
	HIDROELÉCTRICOS.....	37

4.1.	Perfil del proyecto	37
4.2.	Prefactibilidad del proyecto	38
4.3.	Financiamiento	40
4.4.	Factibilidad e implementación del proyecto	41
5.	AUTORIZACIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS	45
5.1.	Expediente de estudio ambiental MARN	45
5.1.1.	Evaluación Ambiental Inicial (EAI)	47
5.1.2.	Plan de Gestión Ambiental (PGA).....	49
5.2.	Expediente del Ministerio de Energía y Minas (MEM)	52
5.2.1.	Requisitos de la solicitud.....	53
5.2.2.	Documentación técnica.....	54
5.3.	Expediente Energuate	56
5.4.	Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE)	58
	CONCLUSIONES	59
	RECOMENDACIONES	61
	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	ANEXOS	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Hidroeléctrica Santa María 1930.....	2
2.	Hidroeléctrica Chixoy	4
3.	Hidroeléctrica con embalse	8
4.	Hidroeléctrica Xacbal	9
5.	Presa de derivación hidroeléctrica Aguacapa	11
6.	Presa de terraplén.....	12
7.	Presa hidroeléctrica Santa Teresa	13
8.	Presa tipo arco	14
9.	Presa de contrafuerte-hidroeléctrica Aguacapa	15
10.	Bocatoma de una central hidroeléctrica	16
11.	Planta desarenador hidroeléctrica Cholivá.....	17
12.	Sección típica de canal de conducción	18
13.	Tubería de conducción.....	18
14.	Perfil de cámara de carga hidroeléctrica Cholivá	19
15.	Tubería de presión	20
16.	Casa de máquinas–turbinas hidroeléctrica Los Esclavos	21
17.	Planta y perfil general de una central hidroeléctrica.....	23
18.	Gráfica de descarga altura contra caudal.....	28
19.	Sección transversal para el método área velocidad.....	31
20.	Esquema de estudio de prefactibilidad.....	40
21.	Etapas de factibilidad e implementación del proyecto.....	43
22.	Proceso de elaboración de EAI con PGA.....	52

TABLAS

I.	Clasificación de proyectos de generación de energía de acuerdo con el listado taxativo	45
II.	Distribuidoras área de influencia	56

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura en metros
Q	Caudal
n	Coefficiente de rugosidad de Manning
GW	Gigavatio
kW	Kilovatio
kV	Kilovoltio
MW	Megavatio
MVA	Mega volt ampere
m	Metros
m³/s	Metros cúbicos por segundo
S	Pendiente
%	Porcentaje
Rh	Radio hidráulico
V	Velocidad en metros por segundo

GLOSARIO

Aforo	Medición del volumen de agua por unidad de tiempo.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
Cocode	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Conap	Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
Deocsa	Distribuidora Eléctrica de Occidente, Sociedad Anónima.
Deorsa	Distribuidora Eléctrica de Oriente, Sociedad Anónima.
Digarn	Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Renovables.
EAI	Evaluación Ambiental Inicial.
Eegsa	Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima.
GDR	Generadores Distribuidos Renovable.
GPS	Sistema de posicionamiento global.

Idaeh	Instituto de Antropología e Historia.
INAB	Instituto Nacional de Bosques.
INDE	Instituto Nacional de Electrificación.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Renovables.
MEM	Ministerio de Energía y Minas.
PGA	Plan de Gestión Ambiental.
SEN	Sistema Eléctrico Nacional.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluaron aspectos importantes para la obtención de autorizaciones, licencia y permisos que se deben tener para llevar a cabo el desarrollo de proyectos hidroeléctricos menores a 1 000 kW, estas corresponden a la adquisición de la licencia ambiental que emite el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el registro de la central hidroeléctrica ante el Ministerio de Energía y Minas (MEM), el dictamen de capacidad de conexión tanto en Energuate como en la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

Para ello se tomaron en cuenta los acuerdos y requisitos establecidos por las distintas entidades correspondientes, las cuales establecen parámetros a cumplir para el desarrollo de los diferentes expedientes que se deben realizar, según la clasificación o categoría en la que se ubican los proyectos hidroeléctricos de esta magnitud.

Finalmente, se describen los instrumentos ambientales a llevar a cabo, estudios y requerimientos legales necesarios para obtener las autorizaciones, permisos y licencias que se aplican a estos proyectos ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Energía y Minas, Energuate y ante la CNEE.

OBJETIVOS

General

Conocer procedimientos para la obtención de autorización, permisos y licencias para proyectos hidroeléctricos menores de 1 000 kW, en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Ministerio de Energía y Minas (MEM), Energuate y Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

Específicos

1. Conocer los requisitos de autorizaciones, permisos y licencias para el desarrollo de una central hidroeléctrica menor a 1 000 kW.
2. Determinar los estudios necesarios para obtener la licencia ambiental, autorización de uso de bienes de dominio público y dictamen de capacidad conexión del proyecto hidroeléctrico.
3. Establecer los estudios mínimos y documentación legal necesarios para la obtención del financiamiento en una entidad bancaria.

INTRODUCCIÓN

El uso de energía eléctrica es fundamental para llevar a cabo procesos industriales y domésticos, por lo que es importante implementar nuevas alternativas en el desarrollo de proyectos de energías renovables; y Guatemala cuenta con los recursos topográficos y recursos hídricos necesarios para el desarrollo de centrales hidroeléctricas.

El desarrollo de este tipo de proyecto se debe llevar a cabo con un manejo social adecuado, ya que el país muestra conflictos sociales debido a la falta de información del funcionamiento técnico de dichos proyectos, es por ello que el manejo social debe incluir campañas de información.

Otro aspecto fundamental es llevar a cabo un manejo y uso adecuado de los recursos naturales, ya que se trata de la generación de energía renovable, por lo tanto es indispensable el cuidado del medio ambiente como tal y cumplir con las medidas de mitigación ambientales propuestas para el desarrollo y ejecución del proyecto.

1. ANTECEDENTES

Las centrales hidroeléctricas en Guatemala se inician en 1885, cuando fue instalada la primera planta hidroeléctrica en la finca El Zapote al norte de la ciudad capital. Durante ese periodo de tiempo, el crecimiento energético de Guatemala ha ido en aumento, creando así la necesidad de implementar con el paso de los años la construcción de más centrales hidroeléctricas.

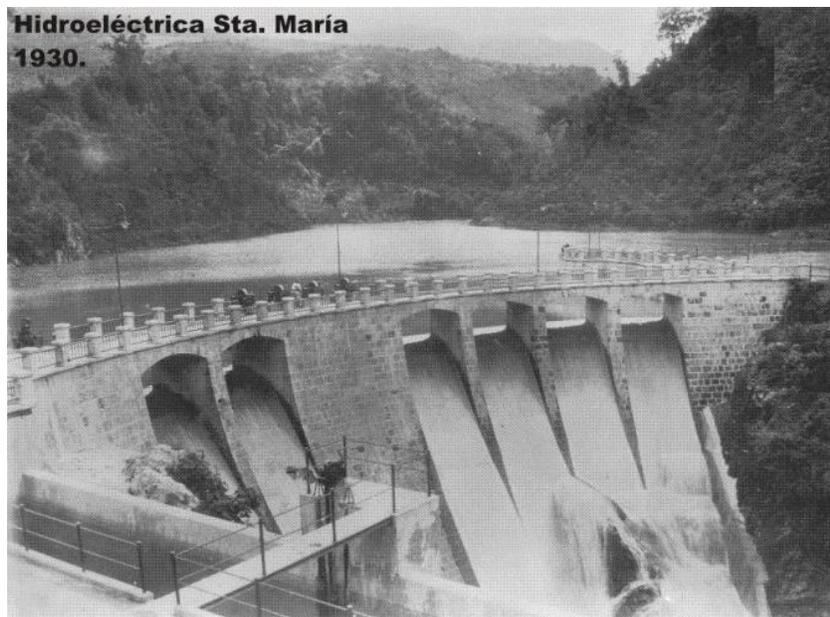
En 1896, empresarios alemanes organizaron la Empresa Eléctrica del Sur, construyendo la hidroeléctrica Palín de 723 kW. En 1927, la capacidad de esta planta se amplió con 900 kW extendiéndose el servicio a: Antigua Guatemala, Escuintla, Palín, Villa Nueva, Amatitlán y Mixco.

Las empresas Eléctrica del Sur, Alumbrado Eléctrico del Norte y la Eléctrica de Escuintla fueron compradas a los accionistas alemanes, por el Gobierno de Guatemala por la Electric Bond & Share Co. (Ebasco). En 1922, Ebasco obtuvo un contrato por 50 años, desapareciendo las 3 empresas mencionadas, fusionándose en la razón social Empresa Eléctrica de Guatemala S. A. (Eegsa) en 1938.

En 1969, Ebasco vende sus acciones de Eegsa a Boise Cascade Co. y en 1972, el Gobierno de Guatemala compra a esta última las acciones equivalentes al 91,7 % del capital social, y prorroga el contrato por 5 años más. En mayo de 1977 caduca el contrato de 1922, y el Gobierno acuerda que la Empresa sea una entidad de utilidad pública con carácter de economía mixta, continuando el Estado como accionista mayoritario.

Por su parte, el Estado construyó en 1927 la hidroeléctrica Santa María en el occidente del país (de 3,74 MW), con el objetivo de apoyar las operaciones del ferrocarril de los Altos. Al fracasar el ferrocarril en 1936, la totalidad de la hidroeléctrica se destinó para dar servicio eléctrico a los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá y Suchitepéquez.

Figura 1. **Hidroeléctrica Santa María 1930**



Fuente: Mundo Chapín. <http://mundochapin.com/wp-content/uploads/2012/10/Hidroel%C3%A9ctrica-Santa-Mar%C3%ADa.-Esta-central-se-ubica-en-el-municipio-de-Zunil-departamento-de-Quetzaltenango-en-1927.-150x150.jpg>.

Consulta: 7 de octubre de 2014.

En ese mismo año, la Eegsa amplió su capacidad con 5 000 kW de la hidroeléctrica El Salto, y la de San Luis con 5 500 kW en 1954. En 1940, por Decreto Gubernativo se crea la hidroeléctrica del Estado para la explotación racional de la energía generada por la hidroeléctrica Santa María.

En 1940 existía en la mayor parte del país, una situación crítica en materia de electrificación. Cada municipalidad, en la medida de sus posibilidades instalaba pequeñas plantas locales cercanas a la cabecera municipal; la mayoría operaba a baja tensión conectadas directamente a las redes de distribución. Con estos problemas, las municipalidades recurrían al Gobierno central, el que viéndose presionado desde todos los rincones del país, creó en 1940, el Departamento de Electrificación Nacional, el cual posteriormente en 1959 dio origen al actual Instituto Nacional de Electrificación (INDE).

En 1962 se puso en operación la hidroeléctrica Río Hondo de 2,4 MW, ubicada en el oriente del país. Mientras se desarrollaban los planes de electrificación del país, el INDE instaló en forma emergente la central diésel de San Felipe de 2 440 kW en 1965; una turbina de gas en Escuintla en 1966 de 12,5 MW, la cual fue ampliada en 1968 a 25 000 kW, y amplió la capacidad de la hidroeléctrica Santa María a 6,9 MW.

Eegsa instaló en 1956, en la ciudad de Guatemala, una planta termoeléctrica de 5 000 kW, su planta La Laguna en Amatitlán de 30,0 MW en 1961; y su turbina a gas de 12,5 MW en 1964. En 1982 inició operaciones la hidroeléctrica Aguacapa y en 1983 la Hidroeléctrica Chixoy, la más grande del país. Los principales esfuerzos del INDE se dedicaron a la construcción de hidroeléctricas mayores (Chixoy, Aguacapa, Jurún-Marinalá) y a la interconexión de los pequeños sistemas aislados, constituyéndose el Sistema Nacional Interconectado.

Figura 2. **Hidroeléctrica Chixoy**



Fuente: Prensa Libre. http://www.prensalibre.com/alta_verapaz/Hidroelectrica-Chixoy-represa-terrenos-servicio-protesta_0_1197480324.html. Consulta: 7 de octubre de 2014.

Hasta agosto de 1998, la capacidad instalada nominal del Sistema Nacional Interconectado de Guatemala es de 1 336 MW, de los cuales el 37 % es hidroeléctrico y el 63 % termoeléctrico, siendo propiedad del INDE 700 MW instalados y 636 MW de propiedad privada.

El 15 de noviembre de 1996 fue promulgada la Ley General de Electricidad, la cual separa las funciones de las empresas verticalmente integradas y crea las condiciones de un mercado eléctrico competitivo.

En los últimos años, el modelo adoptado y el proceso de transformación del sector eléctrico comienza con el abanico de opciones para la transformación del sector eléctrico de un país que va desde los monopolios regulados integrados

verticalmente, hasta los sistemas abiertos totalmente, donde operan las fuerzas del mercado en la generación y hay libre acceso a las redes de transmisión y distribución. La capacidad instalada a nivel nacional en la actualidad es de 1 705,6 MW, entre generadores privados e INDE.

Actualmente las hidroeléctricas más importantes de Guatemala son:

- Chixoy (312 MW) en Alta Verapaz
- Jurúm–Marinalá (60 MW) en Escuintla
- Aguacapa (90 MW) en Santa Rosa
- Renace S. A. (60 MW) Alta Verapaz

1.1. Contexto del sector energético de Guatemala

El sector energético en Guatemala está compuesto por tres partes:

- La generación
- Transporte
- Distribución

En Guatemala, el sistema de transporte se compone por dos sistemas el principal y el secundario. El principal opera en voltajes 230 kV, 138 kV y 69 kV, el secundario es el medio de interconexión de un generador a la red principal.

La distribución de energía se realiza mediante líneas de transmisión eléctrica, subestaciones y las redes de distribución, las cuales operan en tensiones menores a 34,5 kV.

Las principales empresas distribuidoras coordinadas por la Asociación del Mercado Mayorista (AMM) son: la Empresa Eléctrica de Guatemala (Eegsa), siendo esta la principal distribuidora, en segundo lugar la Distribuidora de Electricidad de Occidente (Deocsa), en tercer lugar, la Distribuidora de Electricidad de Oriente (Deorsa) y por último, las Empresas Eléctricas Municipales.

Guatemala es el segundo mercado más grande en Centroamérica y la generación y demanda eléctrica han crecido fuertemente en los últimos años. La generación y la demanda eléctrica en Guatemala ha aumentado más rápido que en el promedio latinoamericano, la cual alcanza un 44 % desde el 2000 para Guatemala, contra un promedio de 36 % en Latinoamérica. La capacidad instalada ha crecido un promedio anual de 3,8 %, mientras que el promedio latinoamericano ha sido de 2,8 % en el mismo periodo.

Según el documento de *Reprogramación de Largo Plazo* del Administrador del Mercado Mayorista (AMM) de la energía, actualmente están conectadas al sistema nacional de energía 28 hidroeléctricas y 13 centrales hidroeléctricas de tipo Generación Distribuida Renovable (GDR), enlazadas a redes de distribución y de menos de 5 megavatios, que según el Ministerio de Energía y Minas (MEM), tienen un potencial conjunto de 4 094,42 GW.

En 2007, la generación con combustibles fósiles representaba el 65 % de la matriz energética, pero con la ejecución de proyectos y políticas de diversificación, en la actualidad la hidroeléctrica es la principal fuente de electricidad, de las que el país depende en un 50 por ciento, actualmente existen en el país 43 proyectos hidroeléctricos registrados en el MEM, los cuales podrían cambiar nuevamente las estadísticas de la dependencia del petróleo en el subsector eléctrico.

2. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Las centrales hidroeléctricas generan electricidad mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua, y se clasifican en varios tipos, según las condiciones topográficas e hidrológicas.

2.1. Clasificación según su régimen de flujo

Según el régimen se clasifican de la siguiente forma:

- Centrales de agua fluyente (a filo de agua)
- Centrales de embalse
- Centrales de regulación
- Centrales de bombeo o reversibles

2.1.1. Centrales de agua fluyente

Son aquellos aprovechamientos que no disponen de embalse regulador importante, de modo que la central trabaja mientras el caudal que circula por el cauce del río es superior al mínimo técnico de las turbinas instaladas, y deja de funcionar cuando desciende por debajo de ese valor.

2.1.2. Centrales de embalse

Aprovechamiento por acumulación/retención del agua. Este es el tipo más frecuente de central hidroeléctrica. Mediante la construcción de una o más presas, se forman embalses que se utilizan para retener grandes cantidades de agua y regular la cantidad de agua que pasa por las turbinas.

Al contrario que las anteriores, disponen de un embalse de agua que regula la cantidad de agua que pasa a las turbinas, regulando, además, el caudal del río. Suelen ser centrales con grandes caídas de agua y poco caudal, y su producción de electricidad se puede adaptar a la demanda.

Figura 3. **Hidroeléctrica con embalse**



Fuente: MEM. <http://www.mem.gob.gt/viceministerio-del-area-energetica-2/energias-renovables/recursos-energeticos-renovables/>. Consulta: 25 de enero de 2015.

2.1.3. Centrales de regulación

Este tipo de centrales hidroeléctricas tienen la característica de almacenamiento del agua que fluye del río, y estas son capaces de cubrir horas de consumo establecidas.

Figura 4. **Hidroeléctrica Xacbal**



Fuente: CGN. <https://cgnoticiasdeguatemala.wordpress.com/2010/09/09/nueva-hidroelectrica-en-guatemala-hidro-xacbal/>. Consulta: 25 de enero de 2015.

2.1.4. Centrales de bombeo o reversibles

Aprovechamiento por acumulación del agua. Están formadas por dos embalses situados a diferente nivel, uno al pie de la central y el otro a una altura superior, que puede ser natural o artificial, y es al que se bombea el agua.

El agua llega a través de una galería de conducción a una tubería forzada que la conduce hasta la sala de máquinas de la central eléctrica. Para la regulación de las presiones del agua entre las conducciones anteriores se construye en ocasiones una chimenea de equilibrio.

Una central hidroeléctrica de este tipo, además de poder transformar la energía potencial del agua en electricidad, tiene la capacidad de hacerlo a la inversa, es decir, retornar el agua hacia la presa mediante bombas o mediante la misma turbina funcionando como bomba, en los momentos de menor demanda eléctrica e impulsar posteriormente esta agua en los momentos de mayor demanda eléctrica.

2.2. Componentes de una central hidroeléctrica

Las centrales hidroeléctricas se componen de presa o dique de derivación, boca toma, desarenador, línea de conducción, cámara de carga, línea de presión, casa de máquinas, subestación o patio de transformación, línea de transmisión eléctrica, al igual que caminos de acceso hacia la central hidroeléctrica.

2.2.1. Presas o diques de derivación

Son estructuras de derivación que sirven para elevar el nivel de las aguas, a la vez cumple la función de captar y dejar escapar el agua excedente que no debe ingresar al sistema. Se conoce también como presa vertedora, porque se construye en sentido transversal al río, dichos elementos estructurales deben contar con compuertas de mantenimiento, rejillas, entrada a boca toma, asimismo, estar diseñada de tal forma que se eviten daños por inundaciones, ya sea aguas arriba o aguas abajo.

Figura 5. **Presa de derivación hidroeléctrica Aguacapa**



Fuente: CNEE. <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Presas/Aguacapa.html>.

Consulta: 15 de noviembre de 2014.

2.2.1.1. Presa de terraplén

Adecuadas para cimentaciones en roca y suelos. Pueden aceptar asentamientos diferenciales limitados con núcleos relativamente amplios y de material plástico. Se requiere tabique hasta el material impermeable. Tienen pocos esfuerzos de contacto. Para el núcleo, el filtro y el enrocado, se necesitan de varios materiales, como: tierra, rocas, concreto y material selecto, como se observa en la figura 6.

Figura 6. **Presa de terraplén**



Fuente: Novac. http://fluidos.eia.edu.co/presas/tipos_presa/paginas/p_de_roca.htm.

Consulta: 15 de noviembre de 2014.

2.2.1.2. Presa de hormigón

Adecuadas en valles amplios, desde que la excavación se encuentre entre 5 a 10 metros, se acepta desgaste limitado de la roca. Deben chequearse las discontinuidades de la roca con relación al deslizamiento. Tienen bajos esfuerzos de contacto. Requieren de materiales que, a veces toca importar como el cemento y el acero, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. **Presa hidroeléctrica Santa Teresa**



Fuente: CNEE. http://www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=698.

Consulta: 12 de noviembre de 2014.

2.2.1.3. Presa de arco

Adecuadas en gargantas estrechas con rocas sana de alta resistencia y poca deformabilidad en las zonas de fundación y estribos. Alta carga sobre los estribos. El ahorro de concreto con relación a las presas de gravedad es del 50 al 85 %, como se muestra en la figura 8.

Figura 8. **Presa tipo arco**



Fuente: Novac.

http://fluidos.eia.edu.co/presas/tipos_presa/marcos/presa%20de%20arco/m_Gibson_arco.htm.

Consulta: 25 de enero de 2015.

2.2.1.4. Presa de contrafuerte

Como presas de gravedad, pero mayores esfuerzos de contacto, requieren de roca sana, como se ve en la figura 9. El ahorro de concreto con relación a las presas de gravedad es del 40 al 60 %.

Figura 9. **Presas de contrafuerte-hidroeléctrica Aguacapa**



Fuente: CNEE. <http://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/Presas/Aguacapa.html>.

Consulta: 25 de enero de 2015.

2.2.2. Bocatoma

Esta es una obra hidráulica cuya función es regular y captar un caudal determinado de agua, en este caso, para la producción de energía hidroeléctrica, esta a su vez impide el ingreso de materiales sólidos y flotantes. Además, debe proteger el resto del sistema hidráulico del ingreso de avenidas o embalses que pudieran producirse en las épocas lluviosas y de crecientes extraordinarias.

Figura 10. **Bocatoma de una central hidroeléctrica**



Fuente: Empresa de acueducto y alcantarillados de Pereira S. A.

http://www.aguasyaguas.com.co/sitio/index.php?option=com_phocagallery&view=category&id=25:bocatoma&Itemid=0. Consulta: 25 de enero de 2015.

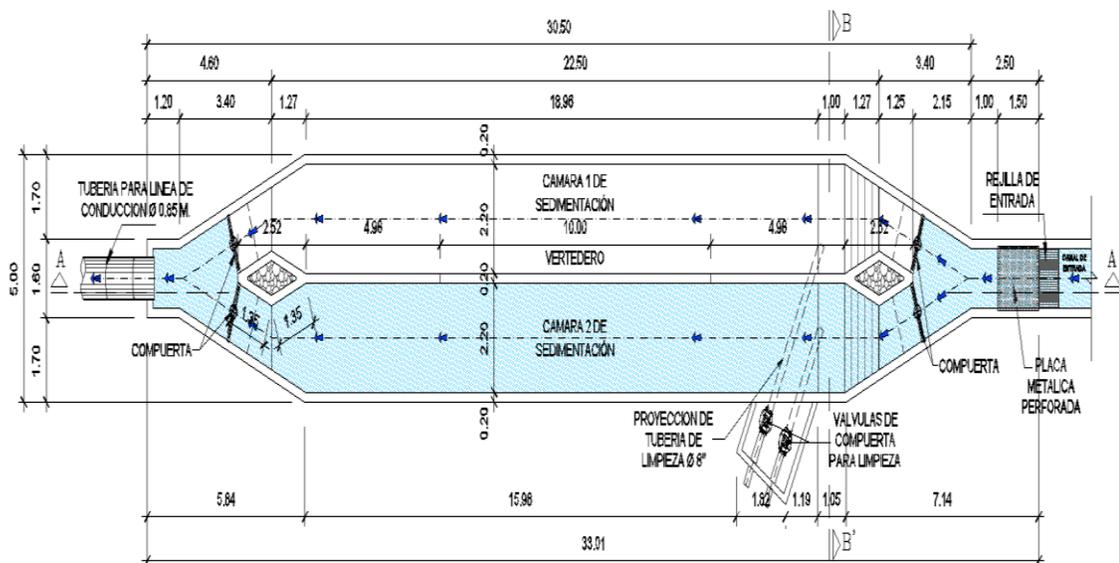
2.2.3. Desarenador

Este elemento se construye con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad, debe ser ubicado lo más cerca posible de la bocatoma, para evitar que existan problemas de obstrucción en la línea de conducción, el desarenador se compone de cinco zonas, las cuales se describen a continuación:

- Zona I. Cámara de quietamiento: por la ampliación de la sección, se disipa energía y velocidad en la tubería de llegada.

- Zona II. Entrada al desarenador: ubicada entre la cámara de quietamiento y una cortina, que obliga a las líneas de flujo a descender con rapidez, sedimentando el material más grueso.
- Zona III. Zona de sedimentación: consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos.
- Zona IV. Almacenamiento de lodos: comprende el volumen entre la cota de profundidad útil en la Zona III y el fondo del tanque. El fondo tiene pendientes longitudinales y transversales hacia la tubería de lavado.
- Zona V. Salida del desarenador: constituida por una pantalla sumergida, el vertedero de salida y el canal de recolección, que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

Figura 11. **Planta desarenador hidroeléctrica Cholivá**

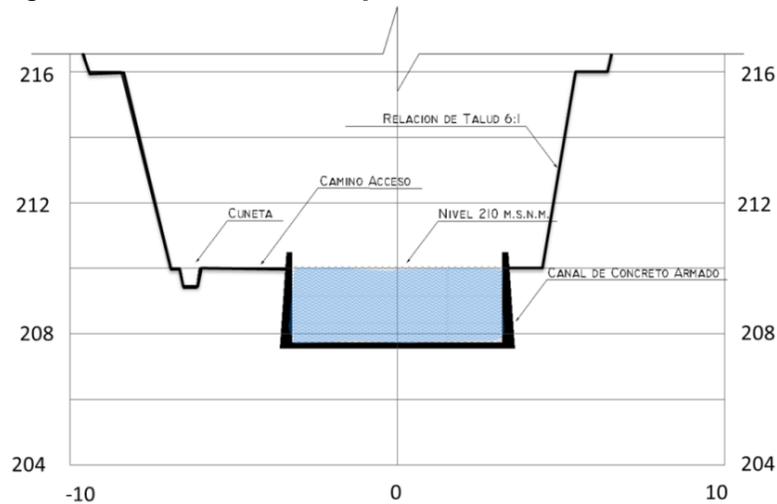


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.2.4. Línea de conducción

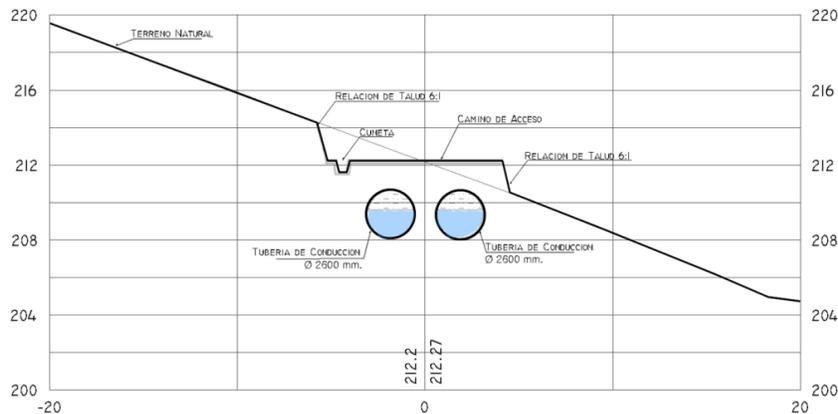
La línea de conducción debe seguir, en lo posible, el perfil del terreno para que esta funcione por gravedad, generalmente son canales de concreto, tuberías o túneles, la decisión de una de las opciones, generalmente se basa en la eficiencia y el costo que esta implique.

Figura 12. Sección típica de canal de conducción



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 13. Tubería de conducción

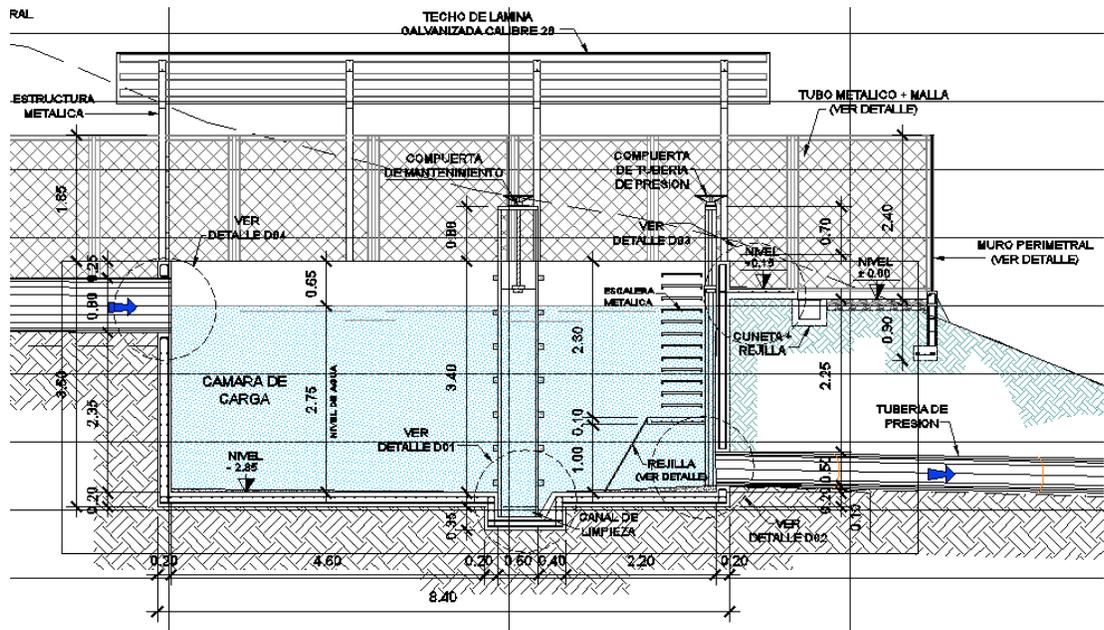


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.2.5. Cámara de carga

Esta estructura busca crear un volumen de reserva de agua que permita satisfacer las necesidades de las turbinas y garantizar la sumergencia del sistema de conducción de alta presión, manteniendo una altura de agua suficiente que evite la entrada de aire a estos equipos de generación, esta cámara permite la conexión entre el sistema de conducción y la línea de presión.

Figura 14. Perfil de cámara de carga hidroeléctrica Cholivá



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.2.6. Línea de presión

La línea de presión transporta agua bajo presión hasta la turbina, se conectan con la cámara de carga para que desde allí salga el sistema de conducción de alta presión; la línea de presión se construye de tuberías de acero, estas tuberías implican un costo elevado, es por esta causa que el diseño debe ser el adecuado en cuanto a la parte técnica y a la parte financiera.

Figura 15. Tubería de presión



Fuente: Meticsa. <http://www.meticsa.com/proyectos.html>.

Consulta: 25 de enero de 2015.

2.2.7. Casa de máquinas

Es una edificación en la cual se encuentran los equipos electromecánicos que se encargarán de la generación y control de la energía producida, en ella se instalarán las turbinas, generador, tableros de control entre otros. Las turbinas de una central dependerán de la caída y el caudal, estas pueden ser de tipo Kaplan, Francis o Pelton.

Figura 16. Casa de máquinas–turbinas hidroeléctrica Los Esclavos



Fuente: GCZ Ingenieros. http://www.gczingenieros.com/obras_ejecutadas.php?id=21.

Consulta: 25 de enero de 2015.

2.2.8. Subestación de recibo

Es la instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de la infraestructura eléctrica que se instalará para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica generada por la central hidroeléctrica. El equipo principal lo compone el transformador; en Guatemala los transformadores más utilizados son los de 13,8 kV a 34,5 kV, de 34,5 kV a 69 kV.

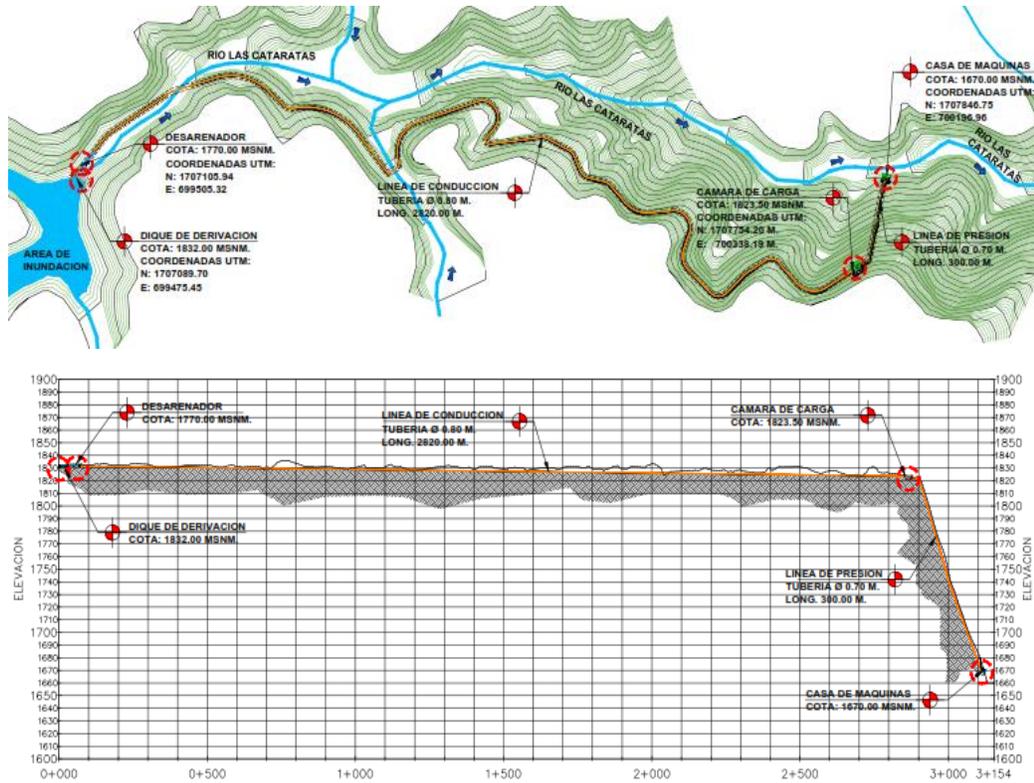
Las secciones principales de las subestaciones son:

- De medición
- Para las cuchillas de paso
- Para el interruptor

2.2.9. Línea de transmisión

Este elemento es el encargado de la conducción de energía eléctrica desde las casa de máquinas hasta el punto de interconexión, su diseño se basa en la disminución de pérdidas de energía debido a la tensión que se maneja.

Figura 17. Planta y perfil general de una central hidroeléctrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

3.1. Ubicación

Para llevar a cabo un proyecto hidroeléctrico es necesario que se realicen varios estudios en el área destinada para la realización del proyecto, para ello es de suma importancia llevar a cabo un manejo social adecuado, que incluya campañas de información acerca de estos proyectos y conocer las necesidades de los poblados cercanos al área de influencia del proyecto, y tener un plan de apoyo social.

En Guatemala existen proyectos que se desarrollan en aldeas o comunidades, en las cuales se convocan a las personas que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto y se llevan a cabo asambleas para conocer la percepción que tienen las personas hacia el proyecto hidroeléctrico y las inquietudes de los pobladores, con el fin de informarles e incluirlos dentro de los programas sociales que las empresas desarrolladoras implementen.

El otro caso es el desarrollo de proyectos hidroeléctricos en propiedades privadas, quienes también deben tener un manejo de responsabilidad social, ya que se busca el desarrollo de las comunidades o aldeas cercanas; algunos aspectos en los que se invierte, generalmente es en el apoyo a la educación y salud, por ser de beneficio directo hacia el área de influencia.

3.2. Localización

Para que un proyecto sea atractivo hacia un inversionista, este debe contar con elementos importantes como el caudal del río y la altura. Tener en consideración que la topografía del lugar, generalmente cuentan con una superficie de grandes pendientes y de difícil acceso, otra situación que influye, es la ubicación de puntos de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), esta información se presenta en un perfil del proyecto, el cual es parte de la etapa de prefactibilidad, como se mostrará más adelante, según las etapas de preparación y formulación de proyectos hidroeléctricos.

3.3. Estudio de reconocimiento

Cuando se tiene la ubicación y localización de un posible punto para desarrollar un proyecto hidroeléctrico, es necesario realizar estudios de reconocimiento, uno de ellos es la ubicación del área mediante fotografías aéreas, hojas cartográficas; las cuales se obtienen en el Instituto Geográfico Nacional (IGN), y utilizando el software Google Earth, ya que ayuda a ubicar con coordenadas y altura sobre el nivel del mar el área a estudiar, esta información no es exacta, pero, generalmente da una idea del potencial en cuanto a caída que se puede tener en el lugar.

Para el estudio de reconocimiento es indispensable contar con el apoyo de los líderes comunitarios o de Cocodes y los dueños de las propiedades a estudiar. Este estudio de reconocimiento tiene como fin principal llevar a cabo una primera inspección de la topografía, hidrología y aspecto social con que cuenta el área de estudio. Esta fase se puede realizar con instrumentos de fácil acceso, como un GPS y un molinete o correntómetro para determinar alturas y caudal.

El caudal se obtiene mediante un aforo, el cual consiste en calcular el volumen de agua por unidad de tiempo con que cuenta el recurso hídrico.

Con ello se puede estimar el potencial a generar y tomar consideraciones caminos y accesos y puntos posibles de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

3.4. Topografía

Un requisito fundamental, para llevar a cabo un proyecto de construcción es la topografía, esta rama se enfoca en estudiar la forma del terreno. Para los proyectos hidroeléctricos se tiene que considerar la ubicación de un punto con coordenadas de posición y altura conocidas para realizar el levantamiento topográfico desde dicho punto y tener georeferenciado el proyecto hidroeléctrico.

Es importante que la topografía a realizar este georeferenciada, es decir; que tenga coordenadas y altura sobre el nivel de mar lo más precisa posible, ya que de esta forma será más fácil su ubicación en mapas o fotografías aéreas.

Cabe considerar que, por el tipo de proyecto, se utilizarán todos los métodos topográficos.

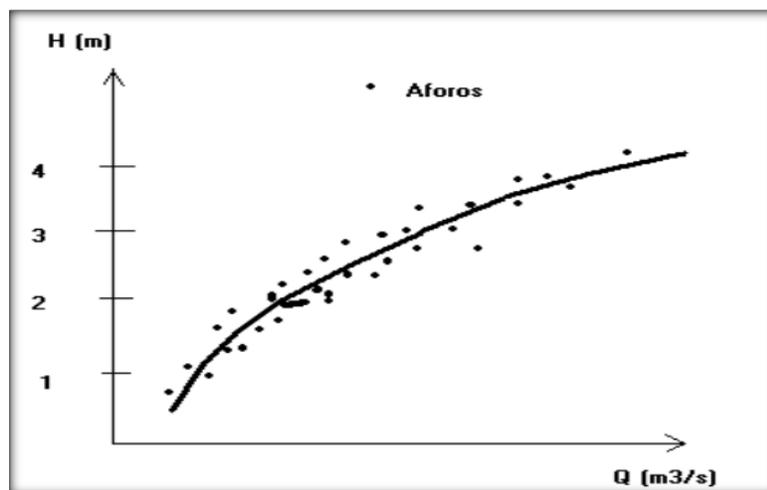
- Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación, este utilizará métodos de poligonales cerradas, ya que con este se determinarán las áreas a utilizar, para realizar las desmembraciones de terrenos para el proyecto, también se hará uso de poligonales abiertas para el trazo de caminos y accesos, línea de conducción y línea presión.

- Levantamiento topográfico altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación. Este tipo de levantamiento será de gran importancia debido a que definirá las curvas de nivel para realizar el trazo del proyecto y obtener la caída bruta con que contará el proyecto.

3.5. Hidrología

Es de vital importancia el llevar un control adecuado del caudal del recurso hídrico que se utilizará, ya que de dicho caudal dependerá la producción de energía eléctrica del proyecto. La forma de llevar un control de caudales es por medio de aforos y mediante la lectura diaria de niveles del río. Para ello es necesaria la instalación de una escala o limnómetro, la cual será calibrada para relacionar la altura con el caudal, mediante una curva de descarga altura contra caudal.

Figura 18. **Gráfica de descarga altura contra caudal**



Fuente: UNNE. <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidr.pdf>.

Consulta: 18 de febrero de 2015.

3.5.1. Métodos para medir caudales

Pueden clasificarse en dos grandes categorías: métodos directos e indirectos. En estas dos categorías los más utilizados son:

- Métodos directos
 - Método área velocidad
 - Dilución con trazadores

- Métodos indirectos
 - Estructuras hidráulicas
 - Método área pendiente

3.5.1.1. Métodos directos

A continuación se presentan los métodos directos más utilizados para la medición de caudales.

3.5.1.1.1. Método área velocidad

Este método consiste básicamente en medir en un área transversal de la corriente previamente determinada, las velocidades de flujo con las cuales se puede obtener luego el caudal. El lugar elegido para hacer el aforo o medición debe cumplir los siguientes requisitos:

- La sección transversal: bien definida y en lo posible no se presente degradación del lecho.

- Fácil acceso.
- Estar en un sitio recto para evitar las sobreelevaciones y cambios en la profundidad producidos por curvas.
- El sitio debe estar libre de efectos de controles aguas abajo, que puedan producir remansos, que afecten luego los valores obtenidos con la curva de calibración.

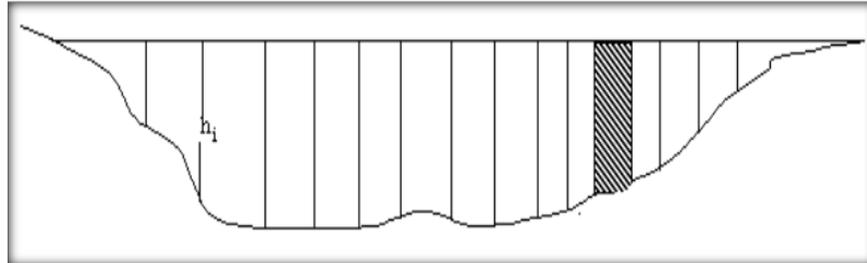
En el sitio que se decidió hacer el aforo, se hace un levantamiento topográfico completo de la sección transversal, el cual dependiendo de su ancho y profundidad, puede hacerse con una cinta métrica o con un equipo de topografía.

La sección escogida se divide en tramos iguales, tal como se muestra la figura 19. En cada vertical, de las varias en que se divide la sección, se miden velocidades con el correntómetro a 0,2, 0,6 y 0,8 de la profundidad total. Cada vertical tiene su respectiva área de influencia (sombreada en la gráfica).

Las verticales deben tener las siguientes características:

- El ancho entre ellas no debe ser mayor que $1/15$ a $1/20$ del ancho total de la sección.
- El caudal que pasa por cada área de influencia (A_i) no debe ser mayor que el 10 % del caudal total.
- La diferencia de velocidades entre verticales no debe sobrepasar un 20 %.

Figura 19. **Sección transversal para el método área velocidad**



Fuente: UNNE. <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidr.pdf>.

Consulta: 18 de febrero de 2015.

La velocidad media en cada vertical está dada por:

$$V_m = (V_{0.2} + V_{0.6} + V_{0.8})/3$$

Donde

V_m : velocidad media en cada vertical

V : velocidad parcial

Cuando las profundidades de la sección son pequeñas, menores de 0,6 m, solo se mide la velocidad a 0,6 de la profundidad, velocidad que se considera representativa de la velocidad media de la vertical.

3.5.1.1.2. Dilución con trazadores

Esta técnica se usa en aquellas corrientes que presenten dificultades para la aplicación del método área velocidad o medidas con estructuras hidráulicas, como en corrientes muy anchas o en ríos torrenciales.

Es importante anotar que, para aplicar este método se supone que el flujo es permanente. Los trazadores deben tener las siguientes propiedades:

- No deben ser absorbidos por los sedimentos o vegetación, ni reaccionar químicamente.
- No deben ser tóxicos.
- Se deben detectar fácilmente en pequeñas concentraciones.
- No deben ser costosos.

Los trazadores son de 3 tipos:

- Químicos: sal común y el dicromato de sodio
- Fluorescentes: como la rodamina
- Materiales radioactivos: los más usados son el yodo 132, bromo 82, sodio

3.5.1.2. Métodos indirectos

Los más utilizados son las estructuras hidráulicas y el método área-velocidad.

3.5.1.2.1. Estructuras hidráulicas

El principio de funcionamiento de todas las estructuras hidráulicas es establecer una sección de control, donde a partir de la profundidad se pueda estimar el caudal. Las estructuras hidráulicas más comunes para este tipo de medidas son: usar vertederos, canaletas y compuertas. Para los vertederos se obtienen relaciones entre el caudal Q y la lámina de agua H , expresada con la expresión $Q = CH^n$, donde C y n son coeficientes que dependen de la forma geométrica del vertedero.

3.5.1.2.2. Método área-pendiente

A veces se presentan crecientes en sitios donde no existe ningún tipo de instrumentación y cuya estimación se requiere para diseñar de estructuras hidráulicas, como puentes o canales. Las crecientes dejan huellas que permiten hacer una estimación aproximada del caudal, determinando las propiedades geométricas de 2 secciones diferentes, separadas una distancia L y el coeficiente de rugosidad en el tramo.

3.5.2. Calidad del agua

Es importante la realización de análisis de laboratorio para constatar la calidad del agua, este consiste en el análisis físicoquímico para determinar las condiciones en las que se encuentra el recurso hídrico, previo a llevar a cabo el proyecto y después realizar otro análisis ya con el proyecto puesto en marcha.

3.6. Geotecnia

Para tener una certeza de las condiciones donde estarán las obras que compongan la central hidroeléctrica, es necesario llevar a cabo un reconocimiento geológico y realizar el muestreo de suelos, para luego hacer los respectivos análisis de laboratorio que determinen las propiedades físicas y mecánicas del mismo, entre ellos la capacidad de soporte. Determinar si existen mantos rocosos sanos o riesgos de puntos de posibles deslizamientos que puedan de alguna forma afectar la construcción o funcionamiento del proyecto.

3.7. Equipo que realiza el estudio de reconocimiento

Es necesario que se cuente con el personal adecuado para llevar a cabo la inspección del área, es importante contar con una persona encargada del área social, un equipo técnico para llevar a cabo el aforo del recurso hídrico y una persona encargada de tomar los puntos de GPS. Se debe contar con personas que observen el entorno topográfico, hídrico y social del área para generar las metodologías adecuadas con las que se contará al momento de llevar a cabo el proyecto hidroeléctrico.

3.8. Informe del estudio de reconocimiento

Este informe contará con la información recabada en la visita realizada al lugar, y presentarla como un perfil del proyecto, el cual deberá contener información del potencial con el que puede contar el proyecto.

Debido a que, generalmente la visita de reconocimiento es para observar el potencial a simple vista, no se realiza una topografía del lugar por los costos que influyen en dicho trabajo; es por ello que se procede a obtener puntos de GPS o tener una nivelación para determinar una caída estimada con la que se podría contar y tomar distancias de caminos y acceso al proyecto.

El informe contará con datos de caudal obtenido mediante el aforo realizado. Se recomienda que el aforo se realice en el posible punto de presa o dique de derivación, ya que este será el punto de captación.

Para llevar a cabo el aforo se considerará un molinete o correntómetro, una cinta métrica y equipo de seguridad como arneses y cables o lazos para sujetarse a ellos, dependiendo de la metodología de aforo a usar.

3.9. Aspecto social y económico

Se debe describir el aspecto social del área, es decir; con qué servicios cuenta el área, si tienen caminos o accesos de terracería, asfaltados o pavimentados, acceso a educación, sistema de salud, agua potable, drenajes, etc. Con ello se pretende dar un manejo social y que el proyecto sea aceptado, ya que estos pueden generar un desarrollo económico en el área y en el país.

3.10. Aspecto ambiental

Es de importancia evaluar el aspecto ambiental, ya que se debe tomar en cuenta las especies de flora y fauna que se localizan en el área del proyecto y determinar un manejo adecuado de los recursos naturales.

4. ETAPAS DE PREPARACIÓN Y FORMULACIÓN DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

Para llevar a cabo el buen desarrollo y funcionamiento del proyecto es necesario realizar una estructura adecuada para las etapas que definirán el avance del proyecto, tanto administrativa como constructivamente, las etapas fundamentales son:

- Perfil del proyecto
- Pre factibilidad del proyecto
- Financiamiento
- Factibilidad e implementación del proyecto

4.1. Perfil del proyecto

Como se mencionó anteriormente, el perfil del proyecto debe contar con información de ubicación y localización del mismo, y si este se ubica en alguna comunidad o en propiedad privada. Deberá contener una ficha técnica del proyecto que contenga, por lo menos la siguiente información:

- Ubicación y localización
- Nombre del río
- Tipo de proyecto según su régimen de flujo
- Caída estimada
- Caudal
- Potencia estimada

- Distancia de casa de máquinas a punto de interconexión

Es importante realizar un plano de ubicación del proyecto y una implantación preliminar de los elementos con que contará el proyecto.

4.2. Prefactibilidad del proyecto

Luego de haber realizado la visita de reconocimiento del área destinada para el proyecto, y considerar que existe un potencial adecuado se procede a la etapa de prefactibilidad, en esta etapa se contará con estudios que serán la base para llevar a cabo el proyecto. Este trabajo está enfocado a proyectos menores a 1 000 kW, ya que de este tamaño tiene una mejor aceptación tanto en aldeas o comunidades, como también en entidades privadas, por su costo y por el manejo ambiental como social.

El estudio de prefactibilidad comprende el análisis técnico–económico de las alternativas de inversión que dan solución al problema planteado. Los objetivos de la prefactibilidad se cumplirán a través de la preparación y evaluación de proyectos que permitan reducir los márgenes de incertidumbre por medio de la estimación de los indicadores de rentabilidad socioeconómica y privada que apoyan la toma de decisiones de inversión. La información debe provenir de fuente secundaria.

El estudio de prefactibilidad debe concentrarse en la identificación de alternativas y en el análisis técnico de las mismas, el cual debe ser incremental, es decir, realizarse comparando la situación "con proyecto" con la situación "sin proyecto". El estudio de prefactibilidad debe contar como mínimo los siguientes aspectos:

- Evaluar el problema para el cual el proyecto sería una solución.
- La identificación de la situación “sin proyecto”, para evaluar aspectos relevantes, qué sucedería en el caso de que no se llevara a cabo la ejecución del proyecto.
- Análisis técnico de la ingeniería del proyecto con la cual se determinarán los costos de inversión y los de operación del proyecto.
- El tamaño del proyecto que permita determinar su capacidad instalada.
- El análisis de la legislación vigente aplicable al proyecto en temas específicos como contaminación ambiental y eliminación de desechos.
- Ficha ambiental.
- La evaluación socioeconómica del proyecto que permita determinar la conveniencia de su ejecución.
- La evaluación financiera privada del proyecto sin financiamiento que permita determinar su sostenibilidad operativa.
- Las conclusiones del estudio que permitan recomendar alguna de las siguientes decisiones:
 - Postergar el proyecto
 - Reformular el proyecto
 - Abandonar el proyecto
 - Continuar su estudio a nivel de factibilidad

Figura 20. **Esquema de estudio de prefactibilidad**



Fuente: elaboración propia.

4.3. **Financiamiento**

Para el financiamiento de proyectos hidroeléctricos existen instituciones financieras como bancos de desarrollo públicos, instituciones financieras internacionales privadas, fondos de inversión, agencias de crédito de exportación, bancos multilaterales, banca de segundo piso y bancos comerciales privados. Estas figuras financieras adoptan diferentes formas de financiamiento.

El financiamiento para este tipo de proyectos comprende tres etapas:

- **Elaboración de expedientes:** se realiza la documentación necesaria para los expedientes en trámites bancarios, este expediente necesita la documentación legal de la empresa desarrolladora del proyecto, el estudio ingresado al MARN, Estudio de Evaluación Inicial (EAI) con el Plan de Gestión Ambiental (PGA) y la resolución de aprobación, expediente ingresado al MEM y su resolución respectiva, autorización por parte de Energuate, Deocsa o Deorsa y resolución respectiva de la CNEE.

- **Gestión bancaria:** para esta gestión los bancos solicitan la documentación antes mencionada, esto va vinculado a los aspectos técnicos-financieros y con ello analizar la rentabilidad y sustentabilidad del proyecto, teniendo en cuenta los aspectos de inclusión social.
- **Aprobación:** la obtención del financiamiento en promedio dura de 6 a 12 meses, cabe mencionar que todos los trámites y requisitos administrativos, legales y de tiempo dependen de la entidad financiera (nacional o internacional), con quienes se realice la gestión.

4.4. Factibilidad e implementación del proyecto

Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados, la factibilidad se apoya en 3 aspectos básicos:

- Operativo
- Técnico
- Económico

El éxito de un proyecto está determinado por el grado de factibilidad que se presente en cada una de los tres aspectos anteriores. Es importante para la entidad contar con el estudio de factibilidad, el cual sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y con base en ello poder tomar la mejor decisión, si procede su estudio, desarrollo o implementación de los recursos de los estudios de factibilidad, el cual deberá revisarse y evaluarse si se llega a realizar un proyecto, estos recursos se analizan en función de tres aspectos:

- Factibilidad operativa: todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (procesos), depende del recurso humano que participe durante la operación del proyecto. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo y se evalúa y determina todo lo necesario para llevarla a cabo.
- Factibilidad técnica: corresponde a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente, son elementos tangibles (medibles). El proyecto debe considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes o deben complementarse.
- Factibilidad económica: los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos. Para obtener los recursos básicos que deben considerarse son el costo del tiempo, de la realización y el de adquirir nuevos recursos.

Generalmente, la factibilidad económica es el elemento más importante, ya que a través de él se solventan las demás carencias de otros recursos, es lo más difícil de conseguir y requiere de actividades adicionales cuando no se posee.

Asimismo, la presentación de un estudio de factibilidad este debe estar con todas la posibles ventajas para la empresa u organización, pero sin descuidar ninguno de los elementos necesarios para que el proyecto funcione. Dentro de los estudios de factibilidad se complementan dos pasos en la presentación del estudio:

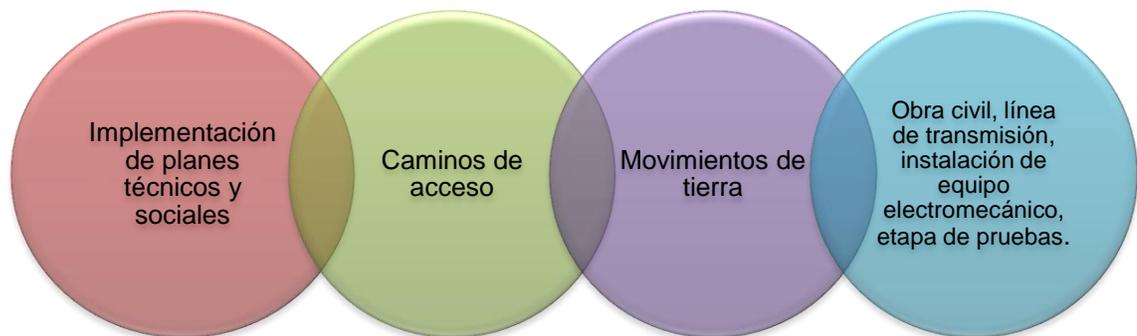
- Requisitos óptimos: presentar un estudio con los requisitos óptimos que el proyecto requiera, estos elementos deberán ser los necesarios para que las

actividades y resultados del proyecto sean obtenidos con la máxima eficacia.

- Requisitos mínimos: consiste en un estudio de requisitos mínimos que el proyecto debe tener para obtener las metas y objetivos, este paso trata de hacer uso de los recursos disponibles de la empresa para minimizar cualquier gasto o adquisición adicional.

Un estudio de factibilidad debe representar gráficamente los gastos y los beneficios que acarreará la puesta en marcha del sistema, para tal efecto se hace uso de la curva costo-beneficio que se muestra en la figura 21.

Figura 21. **Etapas de factibilidad e implementación del proyecto**



Fuente: elaboración propia.

5. AUTORIZACIONES, PERMISOS Y LICENCIAS PARA PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

5.1. Expediente de estudio ambiental MARN

Para llevar a cabo los estudios ambientales se debe cumplir con los acuerdos establecidos para llevar a cabo proyectos de centrales hidroeléctricas menores a 1 000 kW, uno de ellos es el Acuerdo Gubernativo número 134-2005, el cual indica que todo proyecto que, por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales o renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional debe, previamente a su desarrollo, contar con un estudio de evaluación del impacto ambiental realizado por consultores en la materia y autorizados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Según el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades, los proyectos hidroeléctricos se clasifican como se describe en la tabla I.

Tabla I. **Clasificación de proyectos de generación de energía de acuerdo con el listado taxativo**

Categoría	Descripción	Capacidad
A	Proyectos, obras o actividades del más alto impacto ambiental, potencial y riesgo ambiental. (Megaproyectos)	Mayor o igual a 2 MW
B1	Proyectos, obras o actividades de moderado a alto impacto ambiental potencial o riesgo ambiental.	Menor a 2 MW y mayor a 1 MW
B2	Proyectos, obras o actividades de moderado a bajo impacto ambiental potencial riesgo ambiental.	Menor a 1 MW
C	Proyectos, obras o actividades de bajo a casi nulo impacto ambiental potencial o riesgo ambiental.	No aplicable a hidroeléctricas

Fuente: elaboración propia, con base al listado taxativo.

Debido al tamaño de la central hidroeléctrica, se solicita un Estudio Ambiental Inicial (EAI) con Plan de Gestión Ambiental, el cual deberá ser presentado en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Según el artículo 29 del Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental (Recca), el procedimiento administrativo para los proyectos, obras, industrias o actividades nuevas iniciará su trámite con la presentación de la Evaluación Ambiental Inicial por parte del proponente, ante la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales (Digarn).

La evaluación ambiental inicial se utiliza para determinar si un proyecto, obra, industria o actividad requiere o no de un análisis más profundo por medio de otro instrumento de evaluación ambiental, para el caso de las centrales hidroeléctricas menores a 1 000 kW, el Plan de Gestión Ambiental.

Las regulaciones establecidas, acuerdan que en el caso de proyectos existentes, el requisito será el diagnóstico ambiental, en lugar de la evaluación ambiental, sin embargo, la finalidad de este trabajo es enfocarse a nuevos proyectos.

El proceso de revisión actual del EAI llevará una recomendación técnica por parte de la Digarn, la cual irá sustentada por criterios técnicos, análisis de la información de los instrumentos de evaluación ambiental, las visitas que se realicen al área donde se ubicará el proyecto, las opiniones que sean solicitadas a otras instituciones públicas, como el MEM, Conap, INAB, Idahe., esto con el fin de verificar si el proyecto se encuentra fuera o dentro de área protegida. Si se encuentra dentro de una zona forestal, el PGA debe contener un apartado relacionado con la descripción del ambiente socioeconómico y cultural del área

en la cual se desea desarrollar el proyecto, buscando la protección de los elementos arqueológicos y paleontológicos, entre otros.

Después del periodo de revisión se emitirá una resolución final, en la cual el proyecto puede ser aprobado o no, en el caso de aprobación se establecerán los compromisos ambientales y se establecerá el monto de la fianza de cumplimiento que deberá entregar el proponente del proyecto.

Los motivos para el rechazo del dicho instrumento ambiental están establecidos en el *Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental* (Acuerdo Gubernativo 431-2007). Este listado incluye:

- Que la actividad sea prohibida por la ley.
- Que su localización sea considerada no viable por criterios de ley, planes de manejo para áreas protegidas o normas de ordenamiento territorial.
- Que la suma de los efectos acumulativos rebase la capacidad de carga de los sistemas ambientales.
- Que se niegue información o acceso para efectos de inspección o verificación.
- Que su impacto ambiental sea altamente significativo e incompatible con su entorno y por lo tanto inaceptable, conforme criterio técnico.

Según el acuerdo, el plazo máximo establecido para la revisión del Instrumento de Evaluación Ambiental es de 2 meses.

5.1.1. Evaluación Ambiental Inicial (EAI)

El MARN ha realizado el instructivo para llenar el formato de Evaluación Ambiental Inicial, el cual es una guía de referencia para llevar a cabo el llenado.

Este formato es proporcionado por el MARN, el cual se identifica como la forma DGGGA-GA-R-001 (ver anexo 1, formato Evaluación Ambiental Inicial).

El formato está diseñado con seis secciones, las cuales se dividen de la siguiente forma y se pueden evaluar en el anexo 1:

- Información legal
- Información general
- Transporte
- Impactos ambientales que pueden ser generados por el proyecto, obra industria o actividad
- Demanda y consumo de energía
- Efectos y riesgos derivados de la actividad

Luego de haber llenado dicho formato se deben adjuntar los siguientes documentos:

- Plano de localización o mapa a escala 1:5000
- Plano de ubicación
- Plano de distribución
- Plano de los sistemas hidráulicos sanitarios (agua potable, aguas pluviales, drenajes, planta de tratamiento)
- Presentar original y copia, más una copia en formato digital
- El expediente debe ir impreso de ambos lados de las hojas
- El expediente debe ir foliado
- Fotocopia de DPI
- Declaración jurada
- Fotocopia de nombramiento del representante legal

5.1.2. Plan de Gestión Ambiental (PGA)

Para llevar a cabo la elaboración del PGA se debe tener en cuenta que este puede ser elaborado únicamente por un Consultor Ambiental autorizado por el MARN, quien deberá adjuntar al documento elaborado:

- Acta de declaración jurada del consultor
- Original o copia legalizada de constancia de colegiado activo del consultor
- Copia legalizada de licencia de consultor

El PGA se elabora con base en los términos de referencia (ver anexo 2: términos de referencia para elaborar un PGA).

El Plan de Gestión Ambiental se divide de la siguiente forma:

- Índice
- Introducción
- Información general
- Descripción del proyecto
- Identificación, caracterización y valoración de impactos ambientales
- Evaluación de impactos y síntesis
- Medidas de mitigación
- Planes de manejo específicos

La elaboración del PGA estará a cargo de un equipo multidisciplinario, el cual se encargará de los diferentes estudios, diseño y planificación que la central hidroeléctrica requiera.

En la parte de ingeniería, esta deberá definir físicamente el área del proyecto en metros cuadrados o kilómetros cuadrados; de la misma forma se definirán los elementos que componen la central hidroeléctrica, se hace necesario listar las actividades a realizar en la etapa de construcción, operación y abandono.

Realizar un flujograma de actividades, una descripción de los materiales, maquinaria y equipo, descripción de los desechos a generar durante la ejecución del proyecto; ya que todo esto contribuirá a la identificación, caracterización y valoración de impactos ambientales, ya que con esta información el consultor ambiental aplicará una metodología convencional que confronte las actividades del proyecto, con el fin de hacer un uso mejor de los recursos naturales.

Debido a que la materia prima a utilizar es el agua, es necesario realizar un análisis de agua para determinar la condición de la misma. Indicar el caudal de agua a utilizar, es decir, el caudal de diseño a través del año, esto ayudará a definir el caudal ecológico (metros cúbicos sobre segundo).

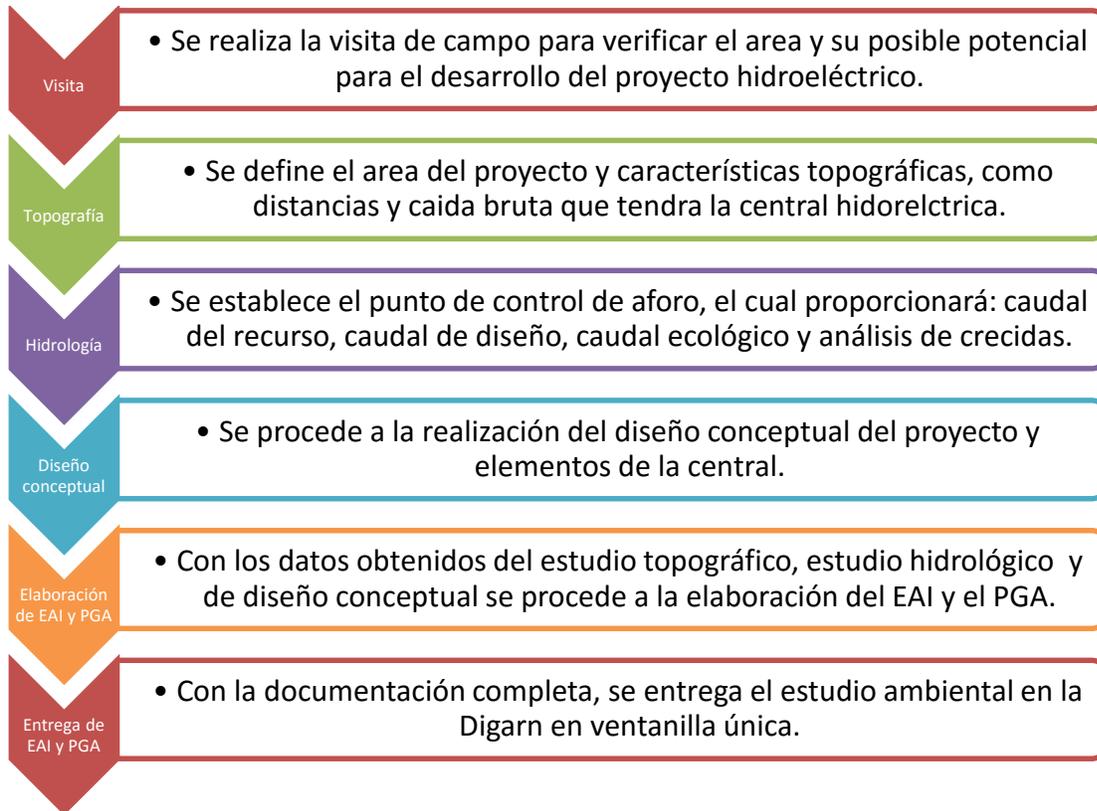
Luego de la identificación, caracterización y valoración de impactos ambientales, el consultor realizará una evaluación de impactos y síntesis, esta evaluación dará como resultado una valoración de impactos ambientales (atmósfera, suelo, agua, biodiversidad, desechos sólidos, desechos líquidos, socioeconómico, cultural, paisajístico).

Una vez obtenida la valoración de impactos ambientales, se procede a realizar las medidas de mitigación en el cual se identifican las actividades a cumplir para cada medida de mitigación establecidos por medio del análisis del impacto y riesgo ambiental.

Como último punto, en cuanto a los términos de referencia para la elaboración del plan de gestión ambiental, se consideran los planes de manejo específicos, entre los cuales resaltan:

- Plan de manejo de desechos sólidos ordinarios: en él describirá detalladamente las acciones que se desarrollaran para la clasificación, el manejo y disposición final de los desechos sólidos ordinarios. Indicando puntos de acopio, frecuencia de traslado a un lugar autorizado por la Municipalidad, forma de traslado y responsable de la actividad.
- Plan de manejo de desechos líquidos: describir las acciones para el manejo y disposición final de los desechos líquidos (aguas residuales, aguas industriales), indicando el sistema de tratamiento propuesto (memoria técnica planos).
- Planes de emergencia y contingencia: presentar las medidas a tomar en caso de situaciones de emergencia durante el desarrollo de la central y durante la operación, de la misma forma se deben considerar emergencias por desastres naturales y amenazas naturales (riesgo de sismo, explosión, incendio, inundación o cualquier otro eventualidad).

Figura 22. **Proceso de elaboración de EAI con PGA**



Fuente: elaboración propia.

5.2. Expediente del Ministerio de Energía y Minas (MEM)

El MEM es el ente rector en materia energética. Está encargado de otorgar las autorizaciones para generar, transportar y distribuir energía eléctrica. Según el artículo 34 de la Ley del Organismo Ejecutivo (LOE), Decreto 114-97 del Congreso de la República, al MEM le corresponde atender lo relativo al régimen jurídico aplicable a la producción, distribución y comercialización de la energía y de los hidrocarburos, y a la explotación de los recursos mineros.

En materia de energía eléctrica le otorga las siguientes funciones:

- Estudiar y fomentar el uso de fuentes nuevas y renovables de energía; promover su aprovechamiento racional y estimular el desarrollo y aprovechamiento racional de energía en sus diferentes formas y tipos, procurando una política nacional que tienda a lograr la autosuficiencia energética del país.
- Cumplir las normas y especificaciones ambientales que en materia de recursos no renovables establezca MARN.
- Emitir opinión en el ámbito de su competencia sobre políticas o proyectos de otras instituciones públicas que incidan en el desarrollo energético del país.
- Ejercer las funciones normativas y de control y supervisión en materia de energía eléctrica que le asignen las leyes.

Se lleva a cabo el registro de la central hidroeléctrica, para la autorización de bienes de dominio público, el MEM proporciona el instructivo para la presentación de solicitudes de registro de centrales hidroeléctricas menores o iguales a 5 MW. Esta solicitud se realiza una vez obtenida la licencia ambiental del MARN y debe ser presentada en la Dirección General de Energía.

5.2.1. Requisitos de la solicitud

El solicitante deberá presentar la solicitud en la DGE, en esta solicitud deberá presentarse en original y copia de lo siguiente:

- Formulario de solicitud (ver anexo 3: formulario de solicitud de registro de centrales generadoras hidroeléctricas menores o iguales a 5 MW.)
- Documentación legal presentar fotocopia de:

- DPI
- Patentes de comercio
- Representación legal
- Constitución de la sociedad
- Declaraciones juradas

5.2.2. Documentación técnica

El expediente deberá contener un resumen ejecutivo del proyecto en el que se indica la ubicación exacta, información de la potencia a instalar, cotas máximas y mínimas del proyecto, caudal de diseño y caudal ecológico, distancias y punto de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

- Se realizará la descripción del tipo y dimensiones de los elementos del proyecto, características principales de los materiales y se deberá indicar si las instalaciones son existentes o nuevas, asimismo, de las subestaciones y líneas de transmisión, capacidad de la subestación de la central en MVA y niveles de tensión de transformación en kilovoltio, nombre de la subestación o línea a la cual se interconectará, las coordenadas de todos los elemento y puntos importantes deberán proporcionarse en coordenadas UTM y geodésicas.
- Presentar un calendario de ejecución de obras donde se indiquen las fechas de inicio de construcción y finalización, como también de la fecha de inicio de operación comercial.

- Especificar los bienes de dominio público y particulares que se utilizarán para el desarrollo del proyecto hidroeléctrico, cotas máximas y mínimas, nombre del recurso hídrico a utilizar, ubicación exacta.
- Se adjunta el EAI y el Plan de Gestión Ambiental junto con la resolución de aprobación del MARN, así como la copia de la licencia ambiental vigente.
- Presentar mapas y planos, entre ellos uno de ubicación de la central hidroeléctrica, desde la cota máxima hasta la cota mínima, en el mapa original del IGN a escala 1:50 000.
- Planos de curvas de nivel, implantación de la central hidroeléctrica, planos de planta, perfil y detalles de los elementos que conformarán la central hidroeléctrica (dique o presa de derivación, tomas, canales y tuberías, desarenador, cámara de carga, tubería de presión, casa de máquinas, S/E de la central, línea de transmisión, S/E de entrega). Todos los planos deberán ir firmados sellados y timbrados por un ingeniero civil, para el caso de obras civiles; por ingeniero electricista, para el caso de construcción eléctrica; y por ingeniero mecánico, para el caso de equipo electromecánico.
- Para el expediente tener en cuenta que el nombre del proyecto deberá coincidir con el del EAI, formularios y toda la documentación que se presente, y el nombre no deberá coincidir con proyecto ya autorizado o registrado en el MEM.
- Al igual que en el MARN, todo el expediente que se presentará ante el MEM deberá ir foliado y digitalizado para proporcionar una copia del expediente en forma digital. El periodo de resolución está cercano a los 30 días, después de que el personal de dicho ministerio acuda a la visita de campo

para ubicar el proyecto y determinar que no existan incongruencias con la información presentada.

5.3. Expediente Energuate

Energuate cuenta con las normas que establecen las disposiciones generales que deben cumplir los generadores distribuidos renovable (GDR) y los distribuidores para la conexión, operación, control y comercialización de energía eléctrica producida con fuentes renovables. En esta entidad se realiza la solicitud del dictamen de capacidad y conexión, para ello es necesario llenar el formulario de solicitud de capacidad y conexión que se obtiene en las oficinas comerciales del Distribuidor de Energía Eléctrica o se puede obtener en la página web de la CNEE, (ver anexo 4: formulario para la solicitud de dictamen de capacidad y conexión generador distribuido renovable).

Tabla II. **Distribuidoras área de influencia**

Distribuidora	Área de influencia
GDR/Eegsa	Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla
GDR/Deocsa	Huehuetenango, Quiché, Quetzaltenango, San Marcos, Totonicapán, Retalhuleu, Suchitepéquez, Sololá, Chimaltenango y Escuintla
GDR/Deorsa	Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Izabal, Chiquimula, Zacapa, Jalapa, Jutiapa, Santa Rosa y El Progreso

Fuente: elaboración propia.

Dicho formulario está compuesto por cuatro ítems:

- Datos generales del solicitante
- Información general del proyecto
- Datos generales del proyecto
- Documentos que se deben adjuntar

Para el ingreso de dicho expediente se solicitan los datos del solicitante, en este caso son los datos de la sociedad que llevará a cabo el desarrollo de la central hidroeléctrica; asimismo los datos del representante legal de la empresa. Dentro de la información se debe proporcionar el nombre exacto del proyecto, su ubicación y nombre del recurso hídrico a usar.

Para los datos del proyecto se deben colocar: potencia a instalar, caudal de diseño, caudal ecológico, caída neta y caída bruta, dimensiones de los elementos, coordenadas de todos los elementos que conformarán la central hidroeléctrica.

Dentro del expediente se debe adjuntar la acreditación de representante legal, el mapa cartográfico a escala 1:50 000 ubicando los elementos más relevantes de la central hidroeléctrica, incluir el diagrama unifilar del proyecto, el cual debe contener los equipos desde el generador hasta el punto de conexión con la red del distribuidor, el cronograma de ejecución del proyecto, información de parámetros eléctricos de los elementos de la central generadora, transformador, línea de conexión y otros que sean necesarios para realizar estudios eléctricos, planos de la línea de conexión, registro de cotas, resolución ambiental o copia de haber presentado el estudio ambiental en la entidad ambiental correspondiente, lugar y fecha.

Es importante que la potencia y nombre del proyecto sean iguales a los colocados dentro del expediente que se presentó ante el MARN.

5.4. Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE)

La resolución CNEE 171-2008 establece el procedimiento para la solicitud de dictamen de capacidad y conexión para un GDR.

Para esta solicitud se requiere la presentación del formulario respectivo, el expediente enviado a Energuate será el que la CNEE analizará para dar un dictamen técnico de capacidad de conexión. La CNEE emitirá una resolución en la cual se pronunciará sobre la procedencia de la solicitud otorgando la autorización correspondiente (ver anexo 5: flujograma de autorización de un GDR.).

Un Generador Distribuido Renovable, aunque en pequeña escala contribuirá a la satisfacción de la demanda de energía al conectarse al Sistema Eléctrico Nacional a través de las redes de distribución de Eegsa, Deorsa o Deocsa. Asimismo, tendrá la oportunidad no sólo de generar sino de comercializar la energía que produzca, bajo un esquema de libre mercado.

Debido a que este procedimiento toma como referencia el expediente que se presente a Energuate, es importante que todos los datos técnicos del proyecto coincidan tanto en el expediente que se presente ante el MARN, MEM y Energuate, ya que en el dictamen que establezca la CNEE aparecerán los datos que se otorgaron por parte del solicitante, y se autorizará solo lo que haya sido mencionado en los respectivos expedientes.

CONCLUSIONES

1. Para llevar a cabo el desarrollo de una central hidroeléctrica, es necesario cumplir con todas las autorizaciones, permisos y licencias que se establecen.
2. Es de suma importancia contar con un plan manejo social, en el cual se contemplen reuniones informativas acerca de este tipo de proyectos, para educar a las comunidades o poblados cercanos acerca del funcionamiento de las centrales hidroeléctricas.
3. Para obtener la licencia ambiental es necesario contar con los estudios que establezcan que se realizará un manejo adecuado de los recursos naturales y un compromiso ambiental por parte de los desarrolladores de proyectos hidroeléctricos, tal es el caso del estudio hidrológico y el análisis de calidad de agua y el Plan de Gestión Ambiental, que reflejará los aspectos ambientales del proyecto y las medidas de mitigación a tomar en cuenta.
4. Es de suma importancia establecer las coordenadas, cotas máximas y mínimas en las cuales estará ubicada la central hidroeléctrica. Asimismo, contar con el estudio eléctrico del proyecto, el cual proporciona la información requerida tanto por el Ministerio de Energía y Minas, como por parte de Energuate y la Comisión Nacional de Energía Eléctrica para obtener una resolución de registro de la central favorable para uso de bienes de dominio público y el dictamen de capacidad de conexión.

5. Para obtener el financiamiento para el desarrollo del proyecto, es necesario contar con toda la documentación legal y técnica del proyecto para que este sea evaluado por el Departamento Legal y Técnico de la entidad bancaria, se considera necesario contar con la licencia ambiental, extendida por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el registro de la central ante el Ministerio de Energía y Minas y el dictamen de capacidad de conexión de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

RECOMENDACIONES

1. El inversionista deberá contar con el equipo de profesionales que realizará las visitas y estudios preliminares del área de proyecto, para determinar el potencial de generación y realizar un manejo adecuado de los recursos naturales.
2. El equipo de profesionales encargado del aspecto social deberá realizar fechas de información del funcionamiento de la central hidroeléctrica en el área de influencia directa del proyecto acompañados de líderes comunitarios, dichas reuniones deberán realizarse antes de la construcción y después de la misma, para responder dudas que se presenten con respecto al proyecto.
3. La central hidroeléctrica deberá apegarse al manejo ambiental establecido en el Plan de Gestión Ambiental (PGA), para que se dé un manejo adecuado antes y después de la construcción del proyecto.
4. El equipo encargado del diseño de la central deberá establecer bancos de marca con coordenadas exactas del proyecto, indicando la elevación sobre el nivel del mar de los elementos que conformarán la central hidroeléctrica, ya que estos servirán de referencia para el debido registro del proyecto en el MEM.
5. El inversionista deberá cumplir con todas las gestiones de autorizaciones permisos y licencias, para poder solicitar el crédito financiero y llevar a cabo la construcción de la central.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALDANA GUZMÁN, Astrid Beatriz. *Análisis de los requisitos legales para la construcción y operación de una central hidroeléctrica en Guatemala*. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, Guatemala, Guatemala, 2013. 184 p.
2. BRICEÑO, Eduardo; ESCOBAR, Rafael; RAMÍREZ, Saúl. *Manual de capacitación en operación y mantenimiento de pequeñas centrales hidráulicas*. Perú: Soluciones prácticas, 2008. 83 p.
3. MAZARIEGOS RAMÍREZ, Mónica Noemy. *Descripción técnica del diseño, montaje y operación de la pequeña central hidroeléctrica en la finca Santa Elena en el departamento de Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 88 p.
4. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales, Ventanilla Única, Delegación Departamental. *Instructivo para llenar el formato de evaluación ambiental inicial DGGGA-GA-I-001*. Guatemala: MARN, 2015. 9 p.
5. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Energía. *Instructivo para la presentación de solicitudes de registro de centrales generadoras hidroeléctricas menores o iguales a 5 MW*. Guatemala: MEM, 2015. 13 p.

6. QUINTERO BETIN, Karen Beatriz. *Metodologías de diseño de obras hidráulicas en estudios de pre factibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Escuela de Ingeniería Civil, Medellín, 2009. 78 p.
7. RODRÍGUEZ PEDRAZA, Maira Ginet; TORRES FERREIRA, Fredy Aldemar. *Dimensionamiento de una microcentral hidroeléctrica*. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Bucaramanga, 2006. 101 p.
8. Secretaría de Agricultura y Ganadería. *Guía metodológica para el establecimiento de microcentrales hidroeléctricas en áreas rurales*. La Lima, Honduras: SAG, 2009. 46 p.
9. Universidad Mayor de San Andrés, Instituto de Hidráulica e Hidrología, Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Superior de Ingenieros Industriales. *Estudio sobre el impacto social, económico y ambiental de pequeñas centrales hidroeléctricas implantadas en comunidades rurales de La Paz, Bolivia*. La Paz, 2007. 365 p.
10. Universidad Rafael Landívar, Vicerrectoría de Investigación y Proyección Dirección de Incidencia Pública. *Guía empresarial para la gestión social integral de proyectos hidroeléctricos en Guatemala*. Guatemala: URL, 2014. 17 p.

ANEXOS

Anexo 1. Evaluación ambiental inicial

DGGA-GA-R-001



MARN
MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

(Formato propiedad del MARN)

Instrucciones	Para uso interno del MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido MARN</p>
<p>I. INFORMACION LEGAL</p>	
<p>I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad:</p>	
<p>1.1.1 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento</p>	
<p>I.2. Información legal:</p>	
<p>A) Nombre del Proponente o Representante Legal:</p>	
<p>_____</p>	
<p>B) De la empresa:</p>	
<p>Razón social:</p>	
<p>_____</p>	
<p>Nombre Comercial:</p>	
<p>_____</p>	
<p>No. De Escritura Constitutiva: _____</p>	
<p>Fecha de constitución:</p>	
<p>Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p>	
<p>Patente de Comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p>	
<p>No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p>	
<p>de _____</p>	
<p>_____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p>	
<p>Número de Identificación Tributaria (NIT):</p>	
<p>_____</p>	
<p>I.3 Teléfono Fax Correo electrónico:</p>	
<p>_____</p>	

Continuación del anexo 1.

I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto:		
Especificar Coordenadas UTM o Geográficas		
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WGS84	
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo		
II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:		
Etapas de:		
II.1 Etapa de Construcción**	Operación	
<ul style="list-style-type: none"> - Actividades a realizar - Insumos necesarios - Maquinaria - Otros de relevancia ** Adjuntar planos	<ul style="list-style-type: none"> - Actividades o procesos - Materia prima e insumos - Maquinaria - Productos y subproductos (bienes o servicios) - Horario de trabajo - Otros de relevancia 	
Abandono - acciones a tomar en caso de cierre		
II.3 Área		
a) Área total de terreno en metros cuadrados: _____		
b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: _____		
c) Área total de construcción en metros cuadrados: _____		
II.4 Actividades colindantes al proyecto:		
NORTE _____ SUR _____ ESTE _____ OESTE _____		
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
II.5 Dirección del viento:		
II.7 Datos laborales		
a) Jornada de trabajo: Diurna () Nocturna () Mixta () Horas Extras _____		
b) Número de empleados por jornada _____		Total empleados _____

Continuación del anexo 1.

d) otros datos laborales, especifique

II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...

	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público						
	Pozo						
	Agua especial						
	Superficial						
Combustible	Otro						
	Gasolina						
	Diesel						
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles						
Refrigerantes							
Otros							

NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia

III. TRANSPORTE

III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:

- Número de vehículos _____
- Tipo de vehículo _____
- sitio para estacionamiento y área que ocupa _____

IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD

IV. 1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

No.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, humo, monóxido de vapores, hollín, de			

Continuación del anexo 1.

		carbono, óxidos de azufre, etc.)			
		Ruido			
		Vibraciones			
		Olores			
2	Agua	Abastecimiento de agua			
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad:		
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad:	Descarga:	
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad:	Descarga:	
		Agua de lluvia	Captación	Descarga:	
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad:		
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad:	Disposición	
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)			
		Modificación del relieve o topografía del área			
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)			
		Fauna (animales)			
		Ecosistema			

Continuación del anexo 1.

5	Visual	Modificación del paisaje			
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos			
7	Otros				

NOTA: Complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA			
CONSUMO			
V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kWhr o kWmes) _____			
V.2 Forma de suministro de energía			
a)	Sistema		público
b)	Sistema		privado
c)	generación		propia
V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO _____			
V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?			
VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD			
VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:			
a)	<input type="checkbox"/>	la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio	
b)	<input type="checkbox"/>	la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores	
c)	<input type="checkbox"/>	la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores	
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:			
VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?			
a) inundación ()	b) explosión ()	c) deslizamientos ()	
d) derrame de combustible ()	e) fuga de combustible ()	d) Incendio ()	e) Otro ()
Detalle la información explicando el por qué?			

VI.3 riesgos ocupacionales:			
<input type="checkbox"/>	Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores		
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores		
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores		

Continuación del anexo 1.

No existen riesgos para los trabajadores

Ampliar información:

VI.4 Equipo de protección personal

VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI () NO ()

VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:

VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?

DOCUMENTOS QUE DEBEN ADJUNTAR AL FORMATO:

- Plano de localización o mapa escala 1:5000
- Plano de ubicación
- Plano de distribución
- Plano de los sistemas hidráulico sanitarios (agua potable, aguas pluviales, drenajes, planta de tratamiento)
- Presentar original del documento en forma física y una copia completa del mismo en medio magnético (cd) (si el proyecto se encuentra fuera del departamento de Guatemala deberán presentarse dos copias magnéticas.)
- El expediente se imprimirá en ambos lados de las hojas
- Presentar una copia para sellar de recibido
- El documento deberá foliarse de adelante hacia atrás (dicha foliación irá solamente en las parte frontal de las hojas, esquina superior derecha)
- Fotocopia de cedula de vecindad
- Declaración jurada
- Fotocopia del Nombramiento del Representante Legal

NOTA: EL TAMAÑO DE PLANOS DEBERA SER:

- CARTA
- OFICIO
- DOBLE CARTA

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Anexo 2. Términos de referencia para la elaboración de un plan de gestión ambiental.

No	TEMA	DESCRIPCIÓN	Incluir en el PGA
1.	INDICE	Presentar contenido o índice completo de los temas desarrollados. Presentar índice de cuadros, figuras, mapas anexos y otros, señalando números de página	
2.	INTRODUCCIÓN	Introducción del contenido del Plan de Gestión Ambiental, por el profesional responsable del mismo. Sus partes principales incluyendo: a) breve descripción del proyecto y su localización b) objetivos del Plan de Gestión Ambiental, c) identificación, caracterización y valoración de los principales impactos identificados, d) metodología utilizada para la valoración de impactos, e) medidas de mitigación propuestas y duración en la implementación f) Planes de manejo ambiental desarrollados y las acciones más importantes, g) cronograma de ejecución de las acciones de los Planes propuestos y responsable de ejecutarlas..	
3.	INFORMACIÓN GENERAL		
3.1.	Información sobre el profesional o equipo profesional que elaboró el PGA ¹	Incluir listado de profesionales participantes en la elaboración del Plan de Gestión Ambiental e indicar la especialidad de cada uno.	
3.2.	Identificación de normas y legislación a cumplir	Identificar toda la normativa existente y vigente, que se relaciona con el tema y que deberá cumplirse	
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO (COMPLEMENTO A DATOS DE LA EAI (Evaluación Ambiental Inicial))	Incluye una breve descripción del proyecto, obra industria o actividad : indicando fases, y actividades de cada fase.	
4.1.	Área del proyecto y área de influencia	Definir físicamente el área del proyecto, obra, industria o actividad (AP), especificando en m ² o Km ² . Se debe incluir las colindancias del terreno. Describir brevemente el área de influencia del proyecto (tomar como referencia entre 500 a 1000 m alrededor del mismo).	
4.2.	Componentes del proyecto y sus fases	Listar las principales actividades que se llevarán a cabo en la construcción, operación y abandono del proyecto, obra, industria o actividad, e indicar el tiempo de ejecución de las mismas	
4.2.1.	Flujograma de actividades	Elaborar un flujograma con todas las actividades a realizar en cada una de las fases de desarrollo del proyecto, obra industria o actividad.	
4.3.	Infraestructura a desarrollar (descripción básica)	Detallar toda la infraestructura a construir en cada fase del proyecto y el área que ocupará la misma. (Utilizar sistema métrico decimal).	
4.4.	Equipo y maquinaria a utilizar	Listado de la maquinaria y equipo a utilizar en cada una de las fases del proyecto (construcción, operación, abandono), así como el tiempo que será utilizado por día.	
4.5.	Mano de obra en construcción y operación	Presentar un estimado de la generación de empleo directo por especialidades, así como la procedencia, en caso de no contar con suficiente mano de obra local.	
4.6.	Disposición de desechos sólidos en las etapas de construcción, operación y abandono.	Indicar un estimado de la cantidad, características y calidad esperada de los desechos sólidos, manejo y disposición final. Incluir cantidades estimadas de materiales reciclables y/o	

¹ Deben estar inscritos en la DIGARN y contar con la preparación necesaria para esta responsabilidad.

Continuación del anexo 2.

		reusables, incluyendo métodos y lugar donde serán procesados.	
4.7	Descripción de los desechos líquidos generados en las fases de construcción, operación y abandono	Indicar un estimado de la cantidad, características y calidad esperada de los desechos líquidos, manejo y disposición final. Incluir cantidades estimadas de los mismos, métodos y lugar donde serán procesados.	
5.	IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	Aplicar una metodología convencional que confronte las actividades impactantes del proyecto, obra, industria o actividad, con respecto a los factores del Medio Ambiente que podrían ser afectados, identificando, caracterizando y valorado los impactos más relevantes que se puedan dar en las diferentes etapas del proyecto (construcción, operación y abandono).	
5.1	Emisiones al aire	Identificar, Caracterizar y valorar variables ambientales en relación a la calidad del aire, nivel de ruidos y vibraciones en el área del proyecto, obra, industria o actividad y en el área de influencia, respecto a áreas urbanas. Identificar las fuentes de radiación existentes y permisos para operación,	
5.2	Producción de desechos sólidos ordinarios, tóxicos y peligrosos.	Identificar, caracterizar y valorar variables ambientales en relación a cantidad y calidad, de los desechos sólidos ordinarios, tóxicos y peligrosos, manejo y disposición final. Incluir cantidades estimadas de materiales reciclables y/o reusables.	
5.3	Producción de aguas pluviales, aguas residuales domésticas e industriales.	Identificar, caracterizar y valorar los impactos en las variables ambientales en relación a: a) la calidad de las aguas residuales y pluviales, b) sistemas de drenaje de aguas servidas y pluviales, c) la disposición final de las mismas.	
5.4	Respecto al manejo de materias primas y materiales de construcción.	Presentar un listado completo de la materia prima de procesos productivos y materiales de construcción a utilizar, indicando cantidades por día, mes, así como la forma de distribución, almacenamiento.	
5.5	Referente a las amenazas naturales	Indicar las generalidades de la actividad sísmica y tectónica del entorno: fuentes sísmicas cercanas al área del proyecto, sismicidad histórica, periodo de recurrencia sísmica, señalar las probabilidades de los movimientos gravitacionales en masa (deslizamientos, desprendimientos, derrumbes, reptación, etc.). Esta información deberá ser presentada por todos aquellos proyectos, obras, industrias o actividades, que se desarrollen en terrenos con pendientes mayores al 15 %. Indicar la susceptibilidad del área a otros fenómenos de erosión, vulnerabilidad de las zonas susceptibles a las inundaciones y en caso de zonas costeras a huracanes u otros..	
5.6	En relación con el suelo y las aguas subterráneas	Identificar, caracterizar y valorar todos los impactos ambientales relacionados con el suelo y agua superficial y subterránea que puedan ser afectados por el proyecto, obra industria o actividad, en sus diferentes etapas de desarrollo, así como el consumo promedio de litros por día utilizados en el mismo.	
5.7	En relación con la biodiversidad local y áreas protegidas	Identificar, caracterizar y valorar los impactos sobre las variables ambientales correspondiente a la biodiversidad y que puedan ser afectados por el proyecto, obra, industria o actividad, en sus diferentes etapas de desarrollo, tanto en el área del proyecto, como en el área de influencia directa.	
5.8	Respecto al medio socioeconómico y cultural en área del proyecto y comunidades vecinas	Identificar, caracterizar y valorar los impactos sobre las variables ambientales correspondiente a los aspectos sociales, económicos y culturales del área del proyecto y área de influencia y que puedan ser afectados por el proyecto, obra, industria o actividad, en sus diferentes etapas	

Continuación del anexo 2.

		de desarrollo	
5.9	Aspectos de paisaje	Identificar, caracterizar y valorar los impactos sobre las variables ambientales correspondiente a aspectos de paisaje y que puedan ser afectados por el proyecto, obra, industria o actividad, en sus diferentes etapas de desarrollo	
6.	EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y SÍNTESIS	Elaborar un resumen, indicando todos los impactos ambientales que producirá el proyecto, en el área de estudio y en el área de influencia, en sus diferentes fases de desarrollo. Explicar claramente el resultado de la valoración de la importancia del impacto ambiental, incluyendo aquellos impactos que generan efectos acumulativos. Hacer una comparación de la calificación de los impactos ambientales, en particular el balance entre los impactos negativos y positivos; y resumir cuáles son los impactos más importantes que producirá el Proyecto.	
6.1	Valoración de impactos ambientales identificados	Aplicar una metodología convencional de valoración de impactos que confronte las actividades impactantes del proyecto, obra, industria o actividad, con las variables ambientales. (atmósfera, suelo, agua, biodiversidad, desechos sólidos, desechos líquidos, socioeconómico, cultural, paisajístico)	
7.	Medidas de mitigación	Proponer las medidas de mitigación para cada variable ambiental con impactos identificados.	
7.1	Actividades para cumplir cada medida de mitigación.	Presentar en un cuadro, un resumen de las actividades a cumplir para cada medida de mitigación establecidos a través del análisis del impacto y de riesgo ambiental,	
7.2.	Ejecutor y responsables de la aplicación de las medidas de mitigación	Indicar el o los responsable de hacer efectiva la medida de mitigación para cada variable impactada, y la duración del mismo	
8.	PLANES DE MANEJO ESPECÍFICOS		
8.1	Plan de Manejo de Desechos Sólidos Ordinarios	Describir detalladamente, las acciones que se desarrollarán para la clasificación, el manejo y disposición final de los desechos sólidos ordinarios. Indicando puntos de acopio, frecuencia de traslado a lugar autorizado por la Municipalidad, forma de traslado y responsable de la actividad.	
8.2	Plan de Manejo de Desechos Sólidos tóxicos y peligrosos	Describir detalladamente, las acciones que se desarrollarán para la clasificación, el manejo y disposición final de los desechos sólidos tóxicos y peligrosos. Indicando puntos de acopio, frecuencia de traslado a lugar autorizado por la Municipalidad, forma de traslado y responsable de la actividad.	
8.3	Plan de Manejo de Desechos Líquidos	Describir detalladamente, las acciones que se desarrollarán para el manejo y disposición final de los desechos líquidos, (aguas residuales, aguas industriales). Indicando sistema de tratamiento propuesto (memoria técnica planos), frecuencia del mantenimiento del sistema y responsable de la actividad.	
8.4	Planes de emergencia y contingencia	Presentar medidas a tomar como contingencia o contención en situaciones de emergencia derivadas del desarrollo del proyecto, obra, industria o actividad, y/o situaciones de desastres naturales, en el caso que dichos proyectos, obras, industrias o actividades se encuentren en áreas frágiles o que por su naturaleza representen peligro para el medio ambiente o poblados cercanos, así como los que sean susceptibles a las amenazas naturales. (Planes contra riesgo por sismo, explosión, incendio, inundación o cualquier otra	

Continuación del anexo 2.

		eventualidad.)	
8.5	Monitoreo y evaluación interna de implementación del PGA y de los PM (planes de manejo)	Cómo parte del PGA, definir objetivos y acciones específicas del seguimiento y vigilancia ambiental, sobre el avance del plan conforme se ejecutan las acciones del Proyecto, obra, industria o actividad, definiendo claramente cuales son las variables ambientales o factores a los que se les dará seguimiento (los métodos, tipos de análisis, y la localización de los sitios, puntos de muestreo y frecuencia de muestreo, institución responsable). El seguimiento y vigilancia ambiental debe incluir la etapa de construcción, operación y cierre o abandono, dependiendo de la complejidad y tipo del Proyecto y de la fragilidad ambiental del área donde se planea ubicar.	
8.6	Cronograma de implementación y evaluación	Elaborar un cronograma en donde se indica los períodos que se utilizarán para implementar cada medida de mitigación y para su evaluación	

NOTA: El Plan de Gestión de Ambiental solo puede ser elaborado por un Consultor Ambiental autorizado por este Ministerio, quien deberá adjuntar los siguientes documentos:

- Acta de Declaración Jurada del Consultor
- Original o copia legalizada de Constancia de Colegiado Activo del consultor
- Copia legalizada de Licencia de Consultor.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Anexo 3. **Formulario para la solicitud de registro de centrales generadoras hidroeléctricas menores o iguales a 5 MW.**

Ministerio de Energía y Minas:

Atentamente, en forma voluntaria y por convenir a mis intereses, acudo a solicitar el Registro para Utilizar Bienes de Dominio Público para la Instalación de Centrales Generadoras Hidroeléctricas menores o iguales a 5 MW. Para el efecto, presento lo siguiente:

DATOS DEL SOLICITANTE Y/O REPRESENTANTE LEGAL:

Nombre completo:

Calidad con que actúa: a) Título personal b) En representación de la sociedad

Edad: (años), Estado civil: Soltero (a) Casado (a) NIT:

Profesión u Oficio:

Nacionalidad:

DPI, Cédula de Vecindad o Pasaporte (en caso de extranjero):

Extendido (a) por:

Domicilio:

Lugar para recibir notificaciones:

Teléfonos:

Correo electrónico:

Calidad con que actúa:

Descripción del (de los) documento (s) con que acredita la calidad con que actúa:

DATOS DE LA ENTIDAD:

Nombre, Razón o Denominación Social:

Domicilio:

Dirección Sede Social:

NIT:

Lugar para recibir notificaciones:

Teléfonos:

Correo electrónico:

Continuación del anexo 3.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA CENTRAL

- a. Nombre de la Central Generadora:
- b. Capacidad Instalada de la central (MW):
El nombre de la central generadora y la capacidad instalada, deberá ser el mismo tanto en el EIA, Estudios Eléctricos y en toda la documentación que se presente.
- c. Localización de la Central Generadora
- Finca, caserío, aldea, etc.:
 - Municipio (s):
 - Departamento (s):
 - Nombre del río (s):
- d. Tipo de Central Hidroeléctrica:
- A filo de agua: De embalse: Capacidad del embalse (m³):
- Tipo de Regulación: Diaria: Semanal:
- e. Río (s) / cota (s) máxima: m.s.n.m.
- f. Río (s) / cota (s) pie de presa: m.s.n.m.
- g. Cota casa de máquinas: m.s.n.m.
- h. Río / cota de desfogue: m.s.n.m.
- i. Río / cota mínima: m.s.n.m.
- j. Coordenadas de la central generadora utilizando el sistema de referencia WGS84, en UTM y Geodésicas de:
- | | |
|----------------------------|-------------|
| Cota máxima UTM: | Geodésicas: |
| Cota máxima UTM: | Geodésicas: |
| Cota pie de presa UTM: | Geodésicas: |
| Cota casa de máquinas UTM: | Geodésicas: |
| Cota de desfogue UTM: | Geodésicas: |
| Cota mínima UTM: | Geodésicas: |
- k. Cantidad de Turbinas: Tipo:
- l. Longitud de la Línea de Transmisión de interconexión al sistema (km):
- Nivel de tensión de la línea (kV):
 - Capacidad de transporte de la línea (MVA):
 - Subestación de interconexión al sistema:
- m. Fechas del proyecto:
- | | | |
|---|---|---|
| • Inicio de construcción (día, mes, año): | / | / |
| • Fin de construcción (día, mes, año): | / | / |
| • Operación Comercial (día, mes, año): | / | / |
- Lugar y fecha:

f) _____
Firma Persona Individual o Representante Legal

Anexo 4. **Formulario para la solicitud de dictamen de capacidad de conexión y generador distribuido renovable.**

1. Datos generales del solicitante:

Nombre del propietario o representante legal: _____
Razón social de la entidad: _____
Dirección: _____
Municipio: _____ Departamento: _____
Teléfono: _____ Fax: _____ Correo Electrónico: _____

2. Información general del proyecto:

Nombre del proyecto: _____
Dirección: _____
Municipio: _____ Departamento: _____
Coordenadas punto de generación: _____
Coordenadas punto de conexión: _____

3. Datos generales del proyecto:

3.1 Fuente de energía renovable:

Hidráulica Eólica Biomasa
 Solar Geotérmica Otra _____

3.2 Especificaciones técnicas:

Número de unidades Generadoras _____ Potencia total de la central generadora _____ kW
Voltaje de generación: _____ kV Longitud de la línea de conexión _____ km
Voltaje de la línea de conexión _____ kV Punto de conexión sugerido _____
Número de matrícula (poste) más cercano al punto de conexión: _____

4. Documentos que debe adjuntar:

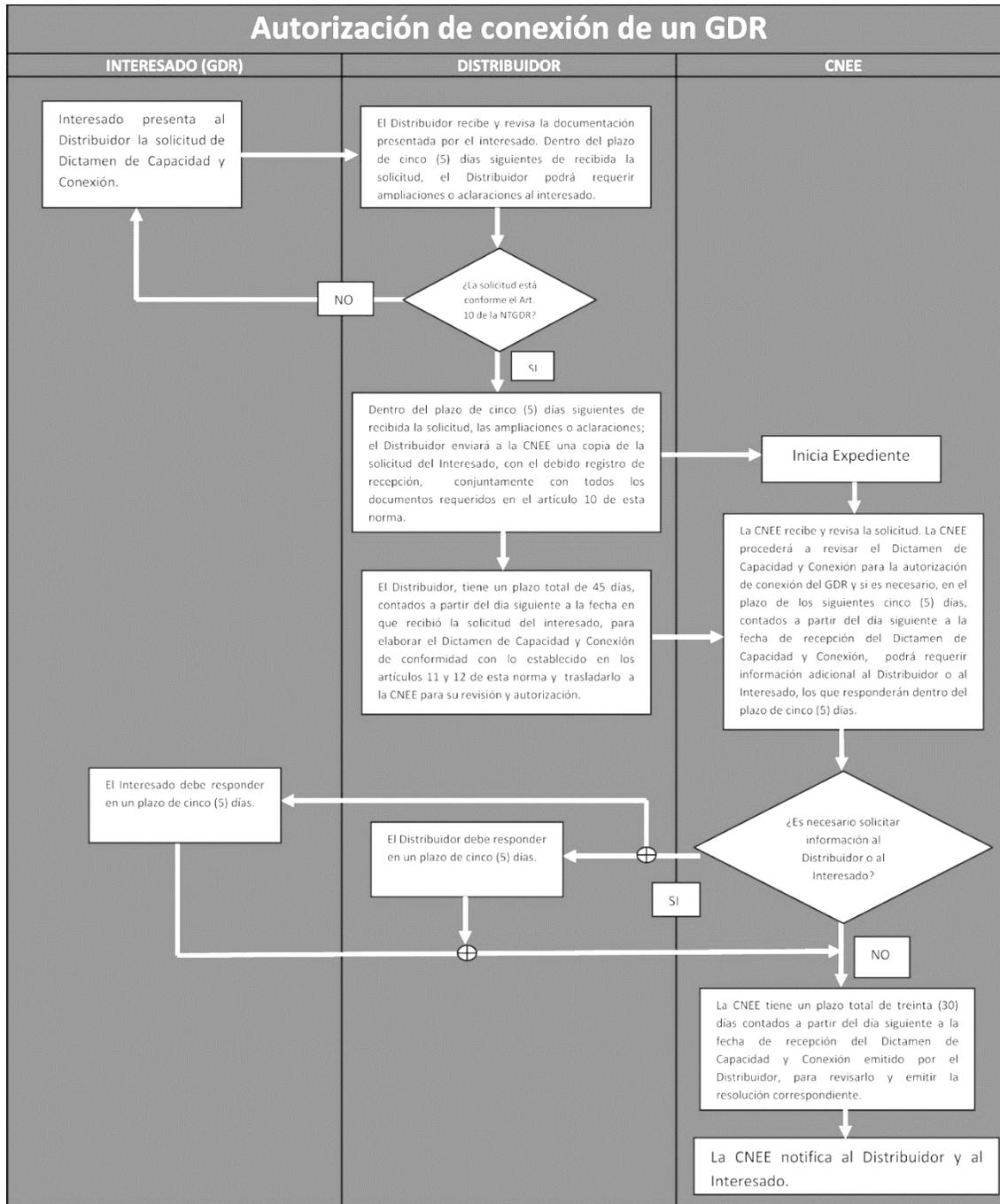
- 4.1 Acreditación de Representación legal;
- 4.2 Mapa cartográfico a escala 1:50,000, o la que defina con más precisión la ubicación del proyecto, incluyendo el lugar de la planta o central generadora, trayectoria de la línea de conexión, punto de conexión sugerido, con toda la información que sea necesaria, incluyendo coordenadas UTM o Geodésicas;
- 4.3 Diagrama unifilar del proyecto incluyendo dispositivos de protección previstos;
- 4.4 Cronograma de ejecución del proyecto;
- 4.5 Información de parámetros eléctricos de los elementos de la central generadora, transformador, línea de conexión y otros que sean necesarios para realizar estudios eléctricos;
- 4.6 Copia de haber presentado el estudio ambiental en la entidad ambiental correspondiente. (Previo a la aprobación de la solicitud por parte de la Comisión, el Interesado deberá presentar a ésta copia de la Resolución de la aprobación de los estudios ambientales respectivos que pudieran corresponder, emitida por la entidad ambiental correspondiente).

Lugar y Fecha: _____

Firma del solicitante: _____

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

Anexo 5. **Flujograma de autorización de conexión de un GDR.**



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).