PN-AAR-935

Small Decentralized Hydropower (SDH) Program

METODOLOGIA PARA
ESTUDIOS DE VIABILIDAD PREVIA
DE PEQUEÑAS CENTRALES
HIDROELECTRICAS

International Programs Division
NRECA National Rural Electric Cooperative Association
1800 Massachusetts Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20036/202-857-9500

Prepared by the Small Decentralized Hydropower (SDH) Program of the National Rural Electric Cooperative Association, 1800 Massachusetts Avenue, N.W., Washington, D.C. 20036 (202) 857-9622, under Cooperative Agreement AID/DSAN-CA-0226.

METODOLOGIA PARA ESTUDIOS DE VIABILIDAD PREVIA DE PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS

INTRODUCCION

El estudio de pre-viabilidad es un elemento imprescindible en el proceso de desarrollo de la hidroelectrificación. Su papel esencial es de identificar sitios con suficiente potencial hidrólogo y económico para justificar investigaciones más detalladas. La figura I muestra donde el estudio de viabilidad previa se integra en un cuadro general del proyecto de desarrollo de pequeñas centrales.

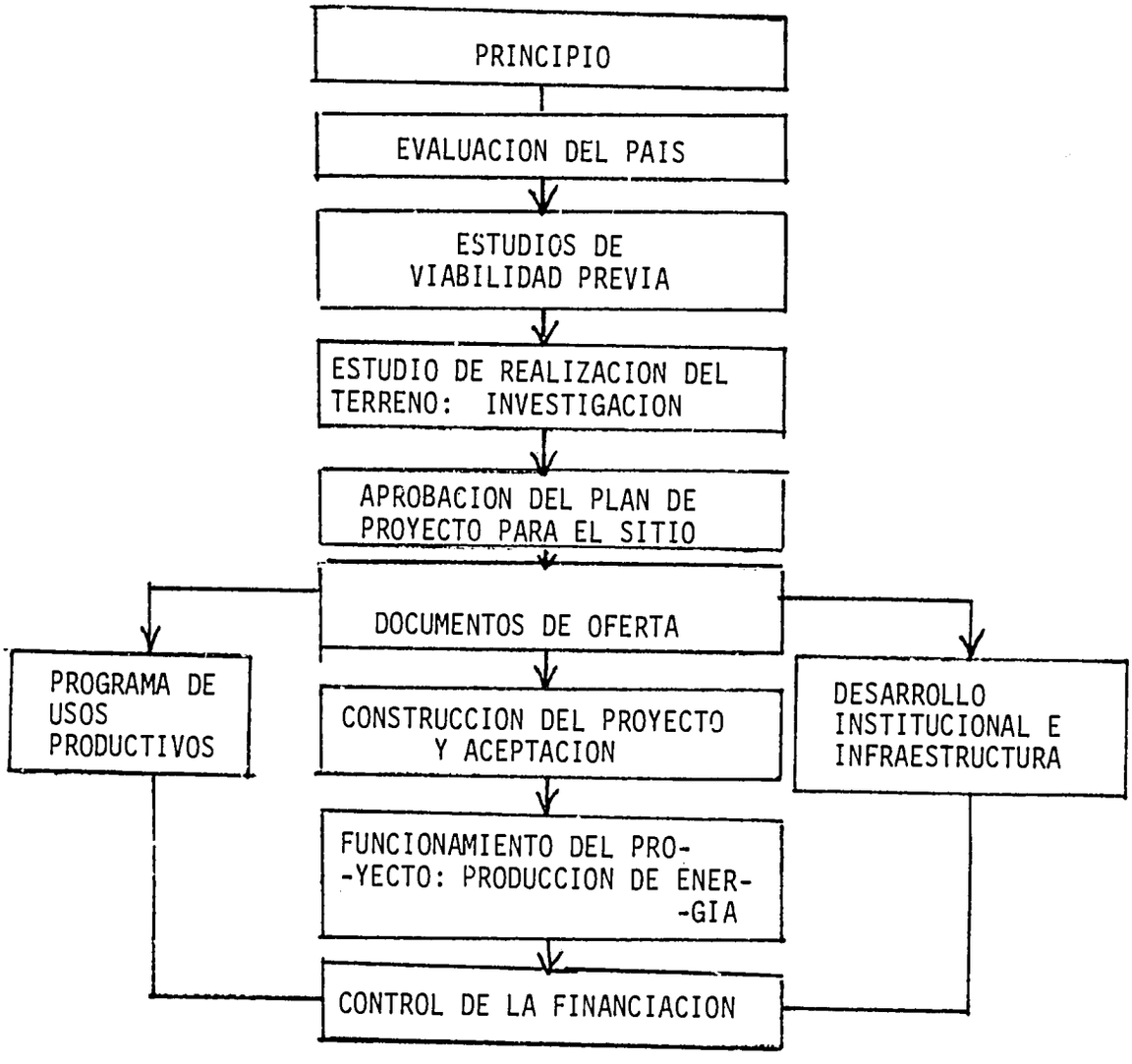
NRECA organiza para individuos y/o reúne equipos de especialistas para viajar hacia paises particulares y visitar terrenos seleccionados para la instalación de pequeñas centrales para llevar a cabo estos estudios. El equipo de la NRECA analiza un terreno específico para determinar si es técnicamente adecuado y si representa un medio económicamente atractivo de lograr energía sin excesivos problemas en cuanto a la demanda ambiental o institucional. Las técnicas utilizadas para estudios de terrenos particulares también pueden aplicarse a un grupo de terrenos en exámen y los proyectos pueden clasificarse segun un análisis básico uniforme.

ESTUDIO DE PRE-VIABILIDAD

El equipo de pre-realización consistirá generalmente en:

1) Un jefe de equipo
2) Un ingeniero civil
3) Un especialista de las cuéstiones sociales

La composición de los equipos varía segun el país de acogimiento y las aptitudes particulares de sus miembros. En general, el jefe de equipo será un individuo con amplia experiencia en el campo de la electrificación rural y de



Etapas del Proyecto de Desarrollo

FIGURA I

los proyectos de instalación de pequeñas centrales. El/ella será responsable de la calidad general del trabajo realizado por el equipo y será el portavoz del equipo durante las negociaciones entre oficiales del pais de acogimiento y la NRECA.

Si es posible, el equipo trabajará con un grupo correspondiente del país de acogimiento. Sus acciones concertadas permitirán al equipo de la NRECA lograr una vista interna más profunda de los problemas peculiares del país de acogimiento y también permitirán al grupo del país en consideración aprender los métodos para hacer estimaciones de viabilidad previa.

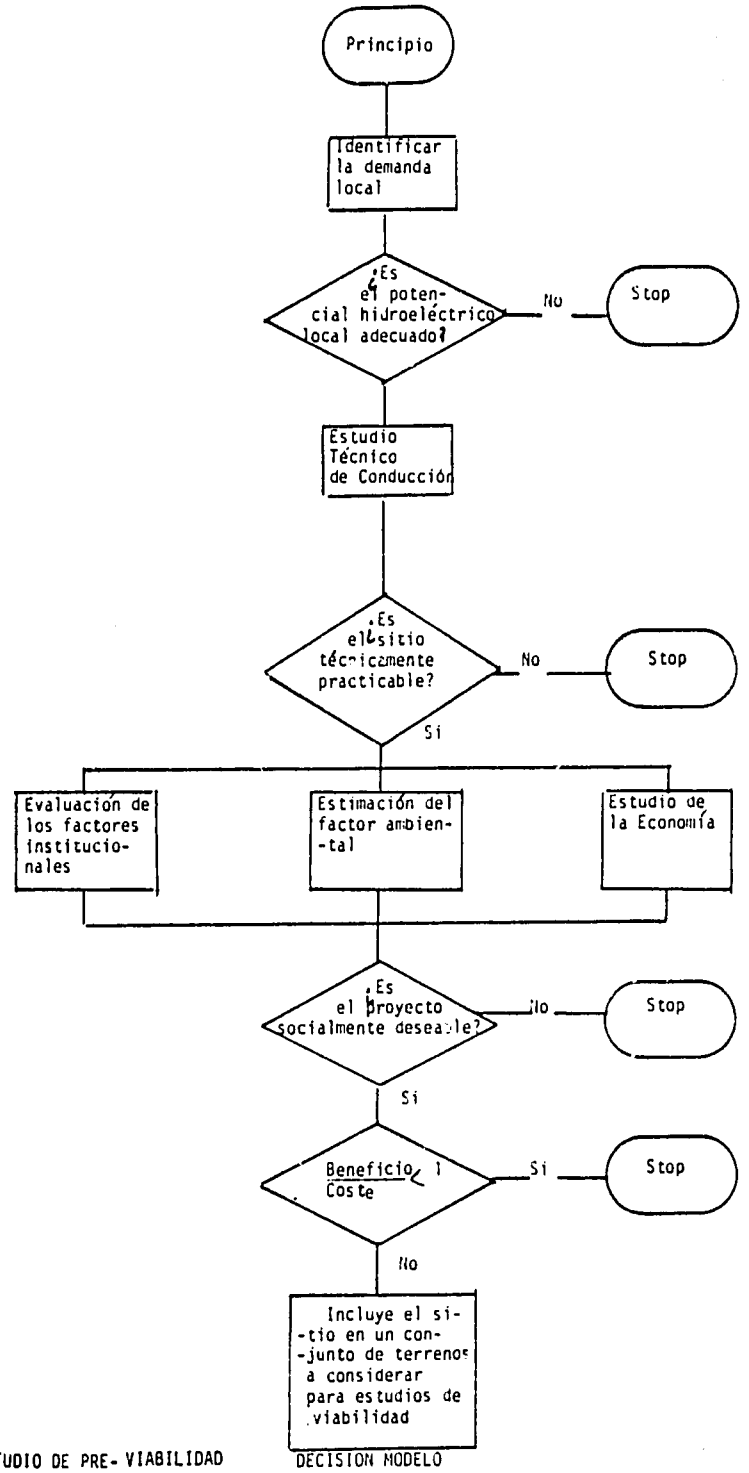
El equipo producirá informes de viabilidad previa que, en caso típico, tendrán una Tabla de Materias similar a la que se describe en el Cuadro I. Un breve informe de viabilidad previa será hecho por cada sitio visitado por el equipo.

Después de llegar al país de acogimiento, el equipo establecerá una base centralizada de operaciones, con frecuencia en la capital del país. Visitará terrenos candidatos y seguirá un proceso de decisiones indicado en la Figura 2.

MODELO DE TABLA DE MATERIAS PARA ESTUDIO DE PRE-REALIZACION

I. Descripción general del Sitio
II. Análisis de la Energía
  *Hidrología
  *Caída de la Central
  *Estimación de la Potencia Eléctrica producida
  *Previsión de carga
III. Plan preliminar
  *Equipo turbogenerador
  *Obras civiles
  *Material Eléctrico
IV. Costos del Proyecto
  *Costos Directos
  *Costos Indirectos
  *Costos periodicos anuales
V. Análisis Ambiental
VI. Análisis Social
  *Impactos Sociales y Usos Productivos
  *Factores Institucionales
  *Otros Proyectos relacionados al Desarrollo de la Infraestructura
VII. Analisis Economico

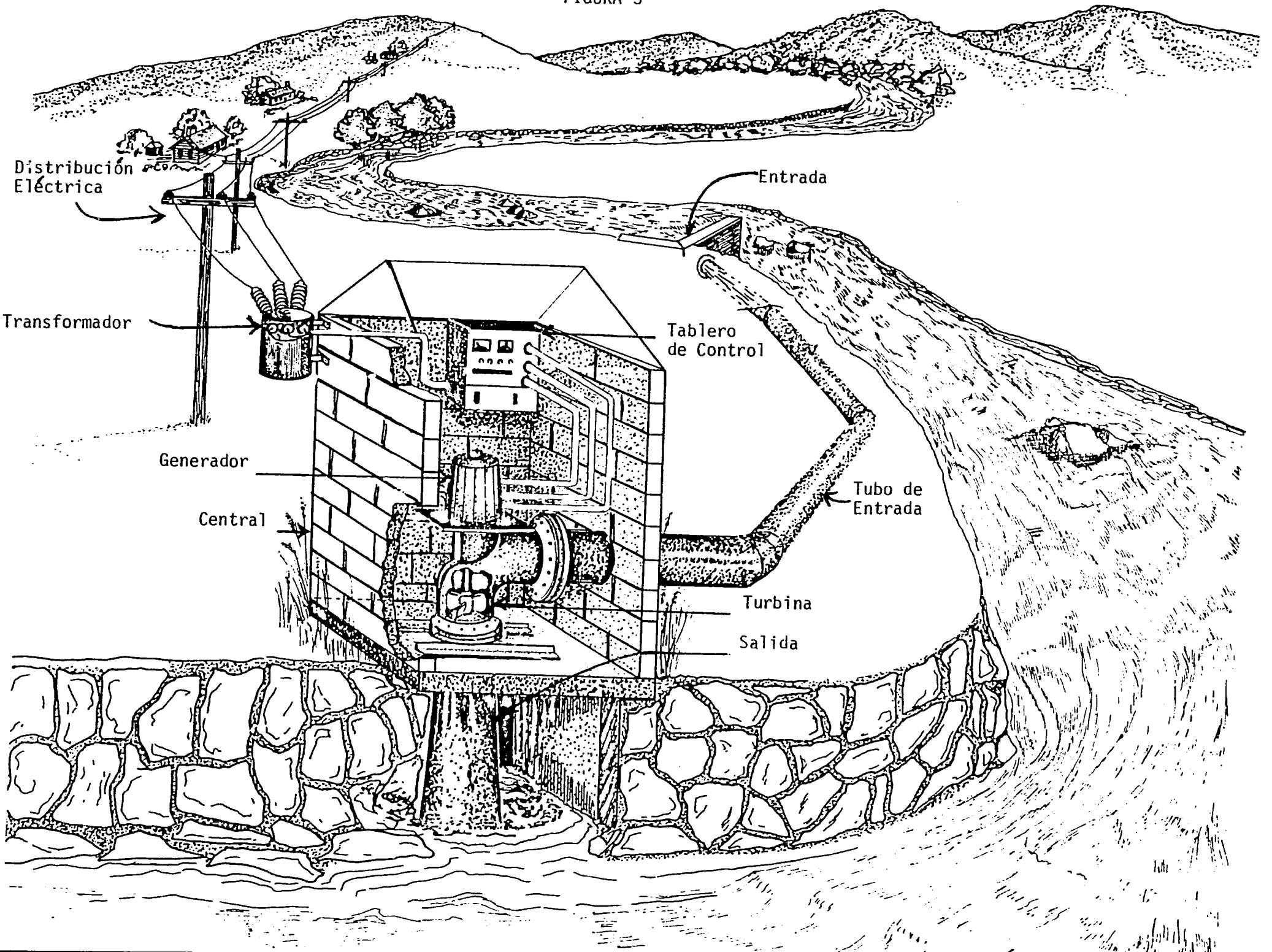
CUADRO I



ESTUDIO DE PRE- VIABILIDAD

DECISION MODELO
FIGURA 2

FIGURA 3


Distribución
Eléctrica
Entrada
Transformador
Tablero
de Control
Generador
Tubo de
Entrada
Central
Turbina
Salida

Esta metodología de viabilidad previa se desarrolló con la meta específica de dar al equipo la posibilidad de clasificar sistemáticamente los terrenos potenciales. Esto dará máxima eficacia al uso de los recursos humanos y financieros disponibles para el programa.

El estudio de viabilidad previa comprende una serie de cuestiones de órden técnico, económico, social, y ambiental. Los párrafos siguientes evocan cómo el equipo tratará estas cuestiones y con qué grado hará investigaciones al respeto.

DESCRIPCION GENERAL DEL SITIO

Después de identificar un sitio hidroeléctrico potencial, el equipo empezará por examinar la situación general del terreno. La descripción inicial evocará:

A. Características locales generales

i. Uso(s) presente del agua
ii. Servicios electricos existentes, vías de acceso y facilidades de transporte
iii. Infraestructura y economía de la comunidad local

B. Características físicas

i. Clima
ii. Topografía
iii. Ecosistema local

Una vez descrito el sitio, el equipo estimará la cantidad de potencia y de energía que podría usar la comunidad local y la cantidad que podría producir el terreno. La cantidad de energía que puede ser producida depende de la cantidad de agua disponible, de la distancia vertical que recorre el agua que cae, y de la capacidad y la eficacia de la central.

ANALISIS DE LA POTENCIA

Hidrología

El estudio hidrológico es un elemento clave del estudio ya que sirve de base para determinar el rendimiento, la amplitud, los beneficios del proyecto, y, en consecuencia, sus posibilidades de realización en el plan económico. Una primera etapa consiste en determinar el caudal para un sitio dado sobre un río cerca del terreno del proyecto y para el tiempo más largo posible.

La información recogida por el equipo comprenderá:

1) El caudal diario o mensual registrado en el terreno o sus cercanías

2) El caudal mínimo y máximo registrado en la historia

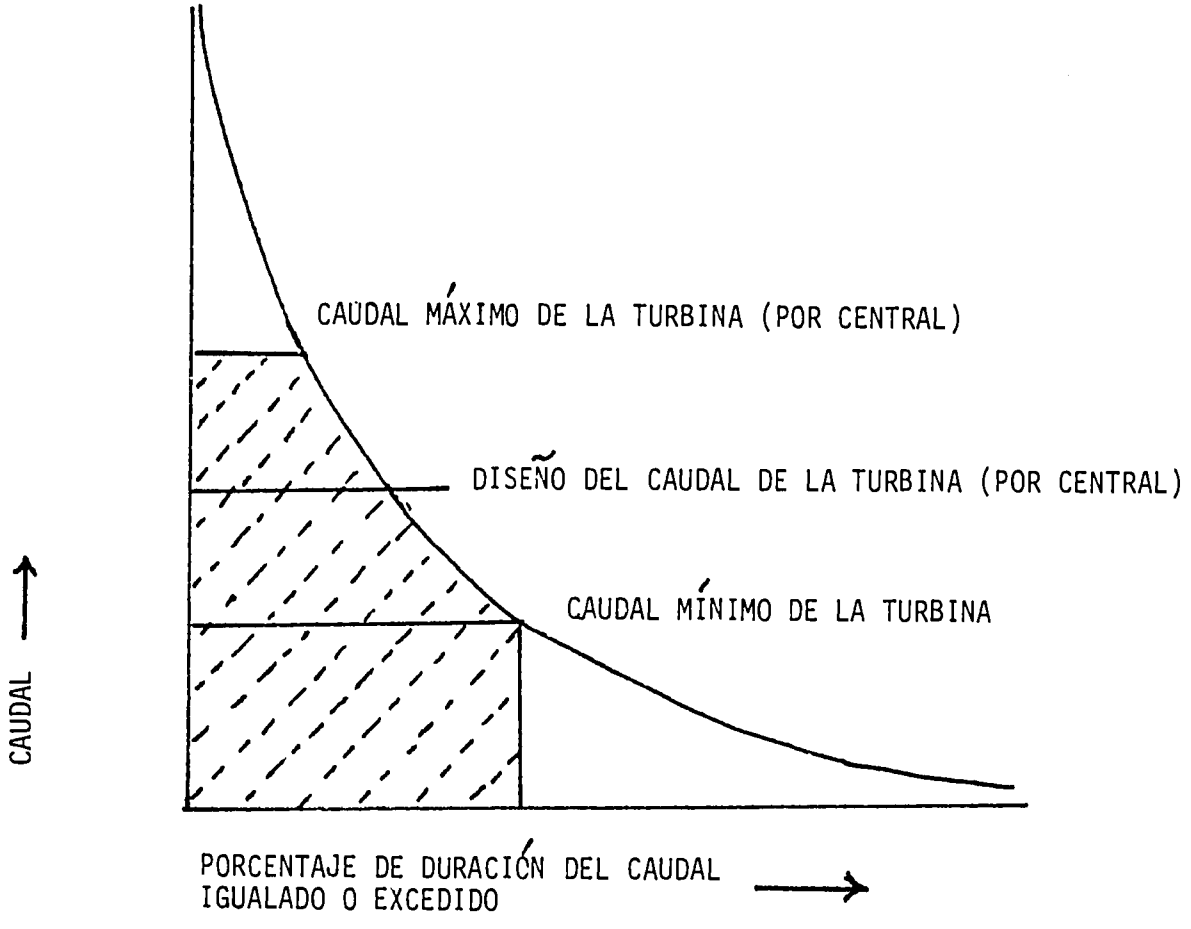
Debido a la gran variabilidad en los caudales naturales de una corriente, es necesario utilizar un registro hidrológico tan completo como se pueda. Este registro tiene que ser suficientemente largo como para incluir una muestra representativa de años con alto y bajo caudal, debe de tener un caudal medio igual a la media a largo plazo, y tiene que incluir el período de sequedad crítica. En la mayor parte de los casos, un período de cinco a seis años es adecuado, aunque un registro más largo sea preferible.

En zonas donde no se puede obtener esta información, se deben usar métodos para calcular los caudales y se tienen que apuntar los riesgos asociados.

A partir de estas informaciones, se desarrollará una curva de duración con el fin de evaluar la cantidad de energía disponible a partir del proyecto. (Figura 4).

Altura de Caída de la Central

Si la alzada de aguas arriba es virtualmente constante, se puede admitir que la caída de la central es igual a la diferencia de alzada entre las aguas arriba y las aguas abajo menos cinco por ciento a causa de la pérdida de fricción en la caída.



CURVA DE DURACIÓN DEL CAUDAL

FIGURA 4

Cálculo de la Producción de Potencial Eléctrico

La capacidad de energía de la central se calcula usando la ecuación siguiente:

$$p = \frac{.85}{102} Qh$$

dónde : p = capacidad de energía de la central (kW)

Q = diseño del caudal de la central (litros/segundo)

h = caída de la central (metros)

.85 = factor de eficacia

Para determinar el potencial eléctrico a partir de cualquier turbina particular, se calculan los límites del caudal para la turbina y se dibujan estos límites sobre una curva de duración de la corriente para el terreno. A partir de las características de esta curva, se puede determinar el diseño del caudal de la turbina.

Aplicar este caudal y la altura del terreno a la precedente fórmula de potencia del sitio indica entonces la producción de energía potencial para el sitio. Multiplicar esta producción por el número de horas en un año y el factor de capacidad supuesto indica la energía estimada que se puede producir en un ano, en kilovatios por horas. Se utilizará el valor pro--yectado de esta energía anual para determinar los beneficios del proyecto.

Previsiones de Carga

Estudios de la comunidad, semejantes a los del Cuadro 3, se usarán para determinar el potencial de carga de la comunidad. Si no se puede lograr información detallada, estadísticas de carga de población, tales como las del Cuadro 2 (abajo) se desarrollarán y usarán como una primera aproximación de las demandas estimadas.

Evaluación de la Demanda

Número de habitantes	Demanda
500 - 1000	30 - 60 KW
1000 - 2000	60 - 120 KW
2000 - 4000	120 - 240 KW
4000 - 6000	240 - 360 KW

Factores de ejemplo a considerar haciendo el estudio de demanda (no globales)

1. Número actual de habitantes
2. Dimensiones medias de las casas
3. Numero de connexiones proyectadas
4. Número de pequeñas empresas industriales
6. Número de establecimientos comerciales
7. Número de escuelas, centros de sanidad y otros servicios de la comunidad
8. Demanda presente y futura en energía eléctrica
9. Consumo mensual medio en kWh por hogar
10. Supuestos de base para el estudio
11. Tipos de uso

CUADRO 2

FORMULARIO DE ESTUDIO PARA PEQUEÑA CENTRAL

Nombre de la comunidad:_____

Nombre del representante:_____

Fecha:_____

Disponibilidad de servicio eléctrico:_____ Ninguno:_____

Diésel:_____ Otro:_____

Voluntad de la comunidad de contribuir al proyecto:_____

Trabajo (jornadas de):_____ Dinero: $_____

Materiales:_____

Economía: Gastos energéticos actuales por hogar

al mes

1. menos de $2
2. $2 - $4
3. $4 - $6
4. más de $6

Financiación:_____

Obstáculos a prever:_____

_____

Número de acoplamientos eléctricos de la comunidad:_____

Usos inmediatos y potenciales:

Hogar (luz, cocina, (ocio):_____ kWh_____ kW

Artesanía:_____ kWh_____ kW

Agroindústria:_____ kWh_____ kW

Pequeñas empresas:_____ kWh_____ kW

Agricultura:_____ kWh_____ kW

Servicios Públicos:_____ kWh_____ kW

Escuelas:_____ kWh_____ kW

Uso total de la comunidad:_____ kWh_____ kW

CUADRO 3

DISEÑO PRELIMINAR

Material Turbogenerador

Se determinará en general el tipo de turbina usando mapas de aplicación modelos tales como los de la Figura 5. El número de unidades dependerá de las características de la corriente y de la seguridad del servicio deseada.

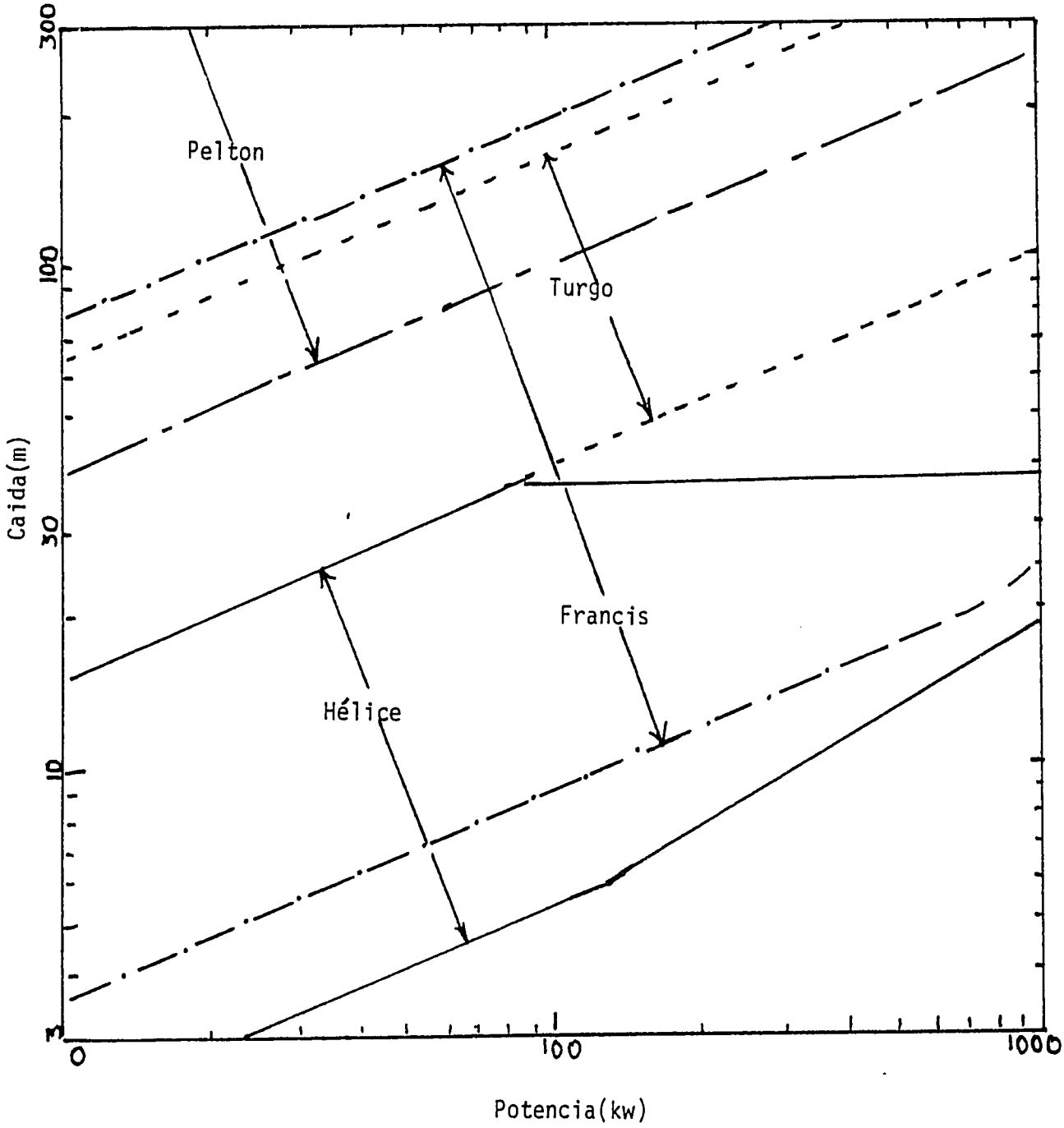


Figura 5 - Orden de Aplicación de Varios Tipos de Turbinas

Trabajos Civiles

El ingeniero civil del equipo determinará los requisitos generales correspondientes al:

Terreno requerido:
- Para la Central
- Para un depósito (si viene al caso)

Vías de acceso requeridas
Canal de avance
Entrada y Material
Tubo de entrada o Canal
Central
Tubos de desviación
Canales de descarga
Presa
Derramadero

Instalaciones Eléctricas

El equipo determinará el voltaje adecuado para distribución del servicio eléctrico, y estimará la duración y costo de las instalaciones de distribución requeridas. Estas instalaciones comprenderan:

Dimensiones y tipo del generador
Dispositivos de distribución y controles del generador
Transformadores
Voltaje de distribución y configuración
Lineas de distribución
Sistema de protección

COSTOS DEL PROYECTO

Costos Directos

El equipo estimará el costo del proyecto basado en informaciones estadísticas generales. Se usarán curvas de costo basadas en proyectos precedentes, informaciones de fabricantes, y evaluaciones del precio por unidad. Estas curvas se usarán para determinar los gastos de material estimados, gastos en obras civiles, y gastos en instalaciones de distribución eléctrica.

Costes Indirectos

Los costes indirectos permiten la ingeniería, administración, construcción gestión, y una concesión para gastos imprevistos. Éstos serán del órden de treinta a cuarenta por ciento de los costes directos. La suma de los costes directos e indirectos es igual al coste total de la construcción.

Costes Anuales Periódicos

Una vez completo, el proyecto tendrá gastos para:

Operación, mantenimiento y reparaciones (OM&R)
Susticiones interinas
Seguros

Operación, mantenimiento y costes de reparaciones para proyectos de instalación de pequeñas centrales son difíciles de prever, pero generalmente constituyen de uno a cinco por ciento del coste de construcción.

ANALISIS AMBIENTAL

El equipo efectuará un análisis ambiental preliminario. La meta esencial del análisis inicial es de identificar estos problemas que harían que el proyecto fuera inaceptable desde el punto de vista ambiental, que aumentarían el coste del proyecto, o causarían retrasos notables en la realización del proyecto.

En general, el análisis es directo y ambientalmente sencillo. Normalmente, los únicos impactos ambientales de mayor importancia serían perturbaciones en la construcción inicial y cambio de caudal entre la estructura de entrada y el punto donde el flujo vuelve a la corriente. Si la caída hidraúlica es bastante baja (por ej., menos de 1,80m) cambios en la calidad del agua debidos a variaciones en el contenido de oxígeno disuelto no serán probablemente un problema. En la mayor parte de los proyectos que serán estudiados, el impacto ambiental tendría que ser mínimo.

Se realizara una breve evaluación de los siguientes impactos potenciales:

Cambios en el caudal
Usos de la corriente aguas arriba y derechos de posesión del agua
Impactos de la construcción
Efectos sobre la salud
Efecto del uso del terreno
Efecto de la calidad del agua
Impacto sobre la fauna y la flora

Se tendrían que apuntar observaciones sobre medios para atenuar posibles impactos adversos.

ANALISIS SOCIAL

Impactos Sociales y Usos Productivos

El especialista de las cuestiones sociales estudiará diferentes sectores de la población en la comunidad concernida. A partir del estudio él/ella establecerá:

1. Quién será beneficiario del proyecto
2. La ayuda y acogida del proyecto por la comunidad
3. El número medio de gente por connexión
4. Las oportunidades para nuevas empresas
5. El impacto sobre la manera de vivir de la comunidad

Se hará este estudio y análisis junto con la determinación de la carga.

Además, el especialista de las cuestiones sociales observará la comunidad y presentará observaciones generales concerniendo el porcentaje de crecimiento de la población, los factores de éxodo rural, la infrastructura local existente, las prioridades de la comunidad, y el efecto anticipado de la energía eléctrica sobre el bienestar social de la comunidad.

Por fin, el especialista de las cuestiones sociales determinará si el proyecto es socialmente deseable. El análisis tendría que incluir impactos directos e indirectos, así como impactos a corto y largo plazo.

Factores Institucionales

La meta de este análisis será: procurar información concerniendo los mayores requisitos institucionales en el desarrollo de un proyecto de instalación de pequeñas centrales hidroelectríficas. En general, se requiere una fuerte organización nacional para el éxito de un programa con el fin de actuar de modo conjugado con una gestión local calificada. El equipo analizará la gestión y estructuras institucionales existentes y establecerá las probabilidades para un programa de mini hidroelectrificación acertado.

Otros Proyectos Relacionados de Desarrollo de la Infraestructura

La electricidad es un elemento básico para la adopción de varias otras tecnologías que aumentan el órden de posibles actividades económicas y sociales de una comunidad. En consecuencia, un proyecto puede tener un efecto sinergético sobre proyectos de desarrollo en la región. En el estudio de viabilidad previa, el equipo tendrá pues que reunir información sobre proyectos de desarrollo realizándose a escala local, nacional e internacional en la zona del proyecto y tendrá que estimar sus relaciones potenciales con el proyecto propuesto de instalación de pequeñas centrales.

ANALISIS ECONOMICO

La metodología propuesta clasificará terrenos según sus consecuencias económicas proyectadas. Dividiendo el beneficio medio anual estimado por el costo anual medio, se obtendrá la proporción beneficio-costo. Se puede hacer una determinación preliminar de las posibilidades de realización del proyecto, en parte, basándose sobre la proporción beneficio-costo. (Ver Cuadro 4).

Se considerará un proyecto como económicamente realizable cuando los beneficios anuales medios sobrepasen los costes anuales medios. La proporción beneficio-coste analizada usará una lista de tarifas descontadas que re--presente la tarifa social minimum de rendimiento para el proyecto.

Costes

Gastos de capital -$_____ (1)

Coeficientes de Gastos Anuales - Interés _____%

Fondo de Amortización _____%

Coste Anual Periódico _____%

Impuestos _____%

Coeficiente de Rendimiento ____%

TOTAL % (2)

Coste Anual = (1) x (2) = $_____ (3)

Beneficios

Energía Anual Media - _____kWh (4)

Valor de la Energía _____$/ kWh (5)

Beneficio Anual - (4) x (5) = $_____ (6)

Proporción Coste-Beneficio

B/C = (6)/(3) =_____

CUADRO 4

Si la proporción es más grande que 1, el proyecto será aparentemente realizable y se recomendará entonces una estimación posterior.

Si la proporción beneficio-coste es menos de 1.0, el proyecto sólo estará examinado si supone excepcionales beneficios sociales. La deter--minación de estos beneficios sociales depende de:

(1) Los impactos inmediatos de la electrificación
(2) Los impactos potenciales de la electrificación
(3) La sustitución de otras fuentes de energía y los usos alternativos de estas fuentes (por ejemplo el nuevo reparto de abonos desde la cocina hasta la agricultura, reducciones de la deforestación, ganancias de tiempo, etc.)

NIVEL DE ESFUERZO

Porque los terrenos, las condiciones de trabajo locales, y la información disponible varían mucho de un proyecto a otro, es muy difícil indicar el nivel de esfuerzo requerido para producir un estudio de viabilidad previa aceptable. En términos generales, sin embargo, un equipo de cinco personas tendría que ser capaz de reunir y preparar un informe de diez a veinte paginas en aproximadamente dos semanas. Esta cifra supone cuatro a cinco dias de investigación en el sitio y un período de tiempo semejante pasado en la base de operaciones del equipo (oficina) en investigación y preparación del informe final.

Referencias

1. Primer informe "Simplified Methodology for Economic Screening of Potential Low Head Small Capacity Hydroelectric Sites", EPRI, Informe numero RP 1199-5, Tudor Engineering Company, 1980.

2. Informe sobre el Proyecto "Small Hydro Development" preparado por la Agencia Estadounidense para Asiatencia Internacional, Lima, Peru, Agosto de 1980.

3. Arndt, Roger E.A. "Small Turbine Technology: Selective Review" presentado en la conferencia sobre mini hidroelectricidad del INE/INECEL/NRECA, Quito, Ecuador, Agosto de 1980.