

HIDRORED

RED LATINOAMERICANA DE MICRO HIDROENERGÍA

1/2004



Estimados Lectores:

La presente, es otra oportunidad de reunirnos en este nuevo número de la revista HIDRORED en el que compartiremos con ustedes tres importantes artículos.

El primer artículo está referido a la importancia de la Evaluación Hidrológica como una herramienta para hacer frente al desafío que enfrenta permanentemente la ingeniería hidráulica para el planeamiento y ejecución de proyectos hídricos.

El segundo artículo resalta la importancia de la organización y participación comunal en la generación de proyectos de electrificación rural, la manera como se configura la estructura de oportunidades para la participación, conceptos, fases y alcances.

De esta manera esperamos seguir contando con su preferencia, e invitamos a nuestros lectores a contribuir con nuevos aportes para las próximas ediciones de HIDRORED.

El comité Editorial



EVALUACION HIDROLÓGICA

Oswaldo Ortiz Vera

1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería hidráulica se enfrenta permanentemente al reto del desarrollo rural en zonas de pobreza extrema, mediante el planeamiento y ejecución de proyectos integrales de aprovechamiento hídrico. Las zonas de alta montaña, no obstante la variabilidad extrema del flujo base aprovechable, nos presentan grandes bondades topográficas en materia de saltos o caídas hidráulicas y por tanto potenciales importantes en energía hidroeléctrica.

La regulación de las micro cuencas mediante micro represamientos y un manejo adecuado de las mismas, nos permitirá en el futuro incrementar el potencial hidroenergético con miras a elevar los niveles de vida de la población más desfavorecida, mediante el principal ingrediente – la energía eléctrica – que es el motor del desarrollo.

Los proyectos de riego, entre otros complementarios, deben estar integrados necesariamente con proyectos hidroenergéticos, que nos permitan por un lado mejor aprovechamiento de los recursos y por el otro, incrementar la rentabilidad, haciéndolos más atractivos económico y financieramente.

En los últimos años se ha realizado grandes esfuerzos para abaratar los costos de las micro centrales hidroeléctricas que permita ponerlos al alcance de la mayor parte de comunidades de los países en vías de desarrollo, mediante programas de electrificación rural.

El estudio hidrológico para este tipo de proyectos representa uno de los aspectos más importantes, no sólo por que con ello se garantiza el abastecimiento permanente que satisfaga las condiciones más críticas de estiaje, sino que también permite prever el gasto de avenidas en máximas crecidas y la cantidad y calidad de sedimentos que aporta la cuenca con la finalidad de contrarrestar el fenómeno abrasivo de la maquinaria hidráulica.

1.1 Objetivos

Los objetivos que persigue el estudio hidrológico son:

- Estimación de las disponibilidades hídricas promedio en la fuente de abasteci-

miento, al grado de persistencia que exige este tipo de proyectos (75 – 90%).

- Predicción de la máxima descarga probable con fines de protección de las estructuras hidráulicas proyectadas.

- Estimación de la cantidad de material sólido en suspensión y de arrastre que transporta el curso principal, en la cota de captación, durante el período de precipitaciones.

1.2 Justificación

El abastecimiento permanente de energía eléctrica sólo estará garantizado si se dispone de la suficiente cantidad de agua en la fuente en las condiciones más críticas de disponibilidad de flujo sostenido. Sin ello no es posible, un estudio de regulación de caudales puede ser la solución, para esta opción va acompañada siempre de un incremento de los costos del proyecto.

2. CUENCA HIDROGRÁFICA

Se llama cuenca hidrográfica al área territorial de drenaje natural donde todas las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinados por la línea de «divortio aquarum» o divisoria de aguas. Debemos hacer hincapié que no siempre los límites geográficos suelen coincidir con los límites del acuífero, pudiendo existir transferencias de masas líquidas entre una cuenca y otra. La línea de divortio aquarum se inicia y termina en la cota de captación del proyecto.

2.1 Delimitación de la Cuenca

Consiste en definir la línea de divortio aquarum, que es una línea curva cerrada que parte y llega al punto de captación mediante la unión de todos los puntos altos e interceptando en forma perpendicular a todas las curvas de altitudes del plano o carta topográfica, por cuya razón a dicha línea divisoria también se le conoce con el nombre de línea neutra de flujo.

La longitud de la línea divisoria es el perímetro de la cuenca y la superficie que encierra dicha curva es el área proyectada de la cuenca sobre un plano horizontal.

2.2 Parámetros Geomorfológicos

Las características fisiográficas de la cuenca pueden ser explicadas a partir de ciertos parámetros o constantes que se obtienen del procesamiento de la información cartográfica y conocimiento de la topografía de la zona de estudio.

La cuenca como unidad dinámica natural es un sistema hidrológico en el que se reflejan acciones recíprocas entre parámetros y variables. Las variables pueden clasificarse en **variables o acciones externas**, conocidas como entradas y salidas al sistema, tales como: precipitación, escorrentía directa, evaporación, infiltración, transpiración; y **variables de estado**, tales como: contenido de humedad del suelo, salinidad, cobertura vegetal, entre otros. Los parámetros en cambio permanecen constantes en el tiempo y permiten explicar las características fisiomorfológicas de la cuenca.

En general, las variables del sistema hidrológico cambian de tormenta a tormenta, en contraste con los parámetros que permanecen invariables. En hidrología superficial existe una relación muy estrecha entre parámetros y variables, relaciones que son muy bien aprovechadas por el ingeniero para solucionar problemas cuando se carece de información hidrológica en la zona de estudio.

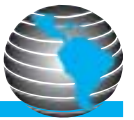
Los parámetros más importantes, que permiten definir la fisiografía de la cuenca, son:

2.2.1 Área (A)

Es la superficie de la cuenca comprendida dentro de la curva cerrada de divortio aquarum. La magnitud del área se obtiene mediante el planimetrado de la proyección del área de la cuenca sobre un plano horizontal.

Dependiendo de la ubicación de la cuenca, su tamaño influye en mayor o menor grado en el aporte de escorrentía, tanto directa como de flujo de base o flujo sostenido.

El tamaño relativo de estos espacios hidrológicos definen o determinan, aunque no de manera rígida, los nombres de **micro cuenca**, **sub cuenca** o **cuenca**, según explica el cuadro N° 01.



Unid. Hidrológica	Área (Km²)	# de Orden
Micro cuenca	10 – 100	1, 2, 3
Sub cuenca	101 – 700	4, 5
Cuenca	más de 700	6 a más

2.2.2 Perímetro (P)

Es la longitud de la línea de divortio aquarum. Se mide mediante el curvímetro o directamente se obtiene del Software en sistemas digitalizados.

2.2.3 Factor de Forma (F)

Es la relación entre el área A de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente. Es un parámetro adimensional que denota la forma redondeada o alargada de la la cuenca.

$$F = \frac{A}{L^2} \dots\dots\dots(01)$$

A = Área de la cuenca
L = Longitud de máximo recorrido

2.2.4 Coeficiente de Gravelius o Índice de Compacidad (Kc)

Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro, al igual que el anterior, describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración de del sistema hidrológico.

Las cuencas redondeadas tienen tiempos de concentración cortos con gastos pico muy fuertes y recesiones rápidas, mientras que las alargadas tienen gastos pico más atenuados y recesiones más prolongadas.

$$K_c = 0.28PA^{-1/2} \dots\dots\dots(02)$$

P = Perímetro de la cuenca
A = Área de la cuenca

Las formas de la cuenca, en concordancia con los valores que adopte los índices de compacidad, se muestran en el Cuadro N° 02.

2.2.5 Altitud Media (H)

Es el parámetro ponderado de las altitudes de la cuenca obtenidas en la

Clase de Forma	Índice de Compacidad (Kc)	Forma de la Cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - redonda a oval - oblonga
Clase II	1.51 a 1.75	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

carta o mapa topográfico. En cuencas andinas este parámetro está relacionado con la magnitud de la lámina de precipitación, variación lineal muy importante en estudios regionales donde la información local es escasa.

$$H = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n H_i * A_i \dots\dots\dots(03)$$

H = Altitud media (m.s.n.m.)
H_i = Altura correspondiente al área acumulada A_i encima de la curva H_i.
A = Área de la Cuenca
N = Número de áreas parciales

También se define como la ordenada media de curva hipsométrica.

2.2.6 Pendiente de Laderas o Pendiente de la Cuenca

Es el promedio de las pendientes de la cuenca, es un parámetro muy importante que determina el tiempo de concentración y su influencia en las máximas crecidas y en el potencial de degradación de la cuenca, sobre todo en terrenos desprotegidos de cobertura vegetal. Existen variadas metodologías, tanto gráficas como analíticas, que permiten estimar la pendiente de la cuenca. Dentro de las metodologías gráficas, la más recomendada por su grado de aproximación es el Método de HORTON y dentro de las analíticas la que se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$S_c = \frac{C}{A} \sum_{i=1}^n l_i \dots\dots\dots(04)$$

S_c = Pendiente de la cuenca
C = Equidistancia entre curvas de nivel
A = Área de la cuenca
l_i = Longitud de cada curva de nivel

La clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente de laderas, se aprecia en el Cuadro N° 03.

2.2.7 Pendiente del Cauce Principal o del Máximo Recorrido

Pend. Media(%)	Tipo de Relieve	Símbolo
0 – 3	Plano	P1
3 – 7	Suave	P2
7 – 12	Mediano	P3
20 – 35	Accidentado	P4
35 – 50	Fuerte	P5
50 – 75	Muy Fuerte	P6
50 – 75	Escarpado	P7
> 75	Muy Escarpado	P8

Es el promedio de las pendientes del cauce principal. Este parámetro se relaciona directamente con la magnitud del socavamiento o erosión en profundidad y con la capacidad de transporte de sedimentos en suspensión y de arrastre. Dependiendo de la pendiente, existirán tramos críticos de erosión y tramos críticos de sedimentación, los primeros relacionados con las mayores pendientes y la segunda con las mínimas.

La metodología más recomendada para determinar la pendiente promedio del cauce principal está basada en el uso del perfil longitudinal y mediante la expresión siguiente:

$$S_o = \left[\frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{S_i} \right)^{1/2}} \right]^2 \dots\dots\dots(05)$$

S_o = Pendiente del cauce principal
l_i = Longitud de cada tramo de pendiente S_i
n = Número de tramos de similar pendiente

En general, la pendiente del cauce principal es mucho menor que la pendiente de la cuenca.

2.2.8 Longitud de Máximo Recorrido (L)

Es la medida de la mayor trayectoria de las partículas del flujo comprendida entre el punto más bajo del colector común, conocido como **punto emisor**, y el punto más alto o inicio del recorrido sobre la línea de divortio aquarum. Este parámetro tiene relación directa con el tiempo de concentración de la cuenca, el mismo



que depende de la geometría de la cuenca, de la pendiente del recorrido y de la cobertura vegetal.

2.2.9 Longitud al Centroide (Lc)

Es una característica muy especial de la longitud del máximo recorrido y es la longitud medida sobre el curso principal entre el punto emisor hasta el pie de la perpendicular trazada sobre el cauce y que pasa por el centroide del área de la cuenca.

2.2.10 Tiempo de Concentración (Tc)

Este parámetro, llamado también tiempo de equilibrio, es el tiempo que toma la partícula, hidráulicamente más lejana, en viajar hasta en punto emisor. Para ello se supone que el tiempo de duración de la lluvia es de por lo menos igual al tiempo de concentración y que se distribuye uniformemente en toda la cuenca. Este parámetro tiene estrecha relación con el gasto pico y con el tiempo de recesión de la cuenca, tiempos de concentración muy cortos tienen gastos pico intensos y recesiones muy rápidas, en cambio los tiempos de concentración más largos determinan gastos pico más atenuados y recesiones mucho más sostenidas.

Existen muchas fórmulas empíricas para estimar el tiempo de concentración de la cuenca, siendo una de las más completas la siguiente:

$$T_c = C \left(\frac{L * L_c}{S^{1/2}} \right)^{0.38} \dots\dots\dots(06)$$

T_c = Tiempo de concentración, en horas
 L = Longitud de máximo recorrido, en Km
 L_c = Longitud al centroide, en Km
 S = Pendiente media del máximo recorrido
 C = Coeficiente es escorrentía

El coeficiente de escorrentía varía entre 0.25 y 0.45, correspondiendo los valores más bajos para pendientes más altas y viceversa.

El conjunto de parámetros estudiados hasta aquí se conocen con el nombre de **parámetros de área**.

Existe otro conjunto de parámetros asociados con el relieve de la cuenca, conocidos como **parámetros de relieve**; entre ellos el más importante es el Coeficiente Orográfico.

2.2.11 Coeficiente Orográfico (Co)

Es la relación entre el cuadrado de la altitud media del relieve y la superficie proyectada sobre un plano horizontal. Este parámetro expresa el potencial de degradación de la cuenca, crece mientras que la altura media

del relieve aumenta y la proyección del área de la cuenca disminuye. Por esta razón toma valores bastante grades para micro cuencas pequeñas y montañosas, disminuyendo en cuencas extensas y de baja pendiente.

$$C_o = \frac{H^2}{A} \dots\dots\dots(07)$$

C_o = Coeficiente Orográfico, adimensional
 H = Altitud media del Relieve
 A = Área de la cuenca

Este parámetro combina dos variables esenciales del relieve, su **altura** que influye en la energía potencial del agua y el área proyectada, cuya inclinación ejerce acción sobre la escorrentía directa por efecto de las precipitaciones.

Este importante parámetro adimensional ha servido para caracterizar el relieve de las cuencas hidrográficas y ha sido igualmente investigado con miras a obtener la degradación potencial del suelo bajo los efectos de la acción del clima, degradación cuantitativa que se expresa mediante:

$$q_s = 2.65 \log \frac{P}{P^*} + 0.46 \log(C_o - 1.56) \dots\dots\dots(08)$$

q_s = Potencial de degradación específica, en Tn/año
 P = Módulo de precipitación anual o módulo pluviométrico
 P* = Precipitación del mes de máxima pluviosidad
 C_o = Coeficiente orográfico, en porcentaje

Ver los índices de degradación, según clima en el Cuadro N° 04.

Clasificación	Degradación (m³/Km²*año)	Símbolo
Degrad. geológica nat.	0 - 100	D1
Erosión débil	100 - 1000	D2
Erosión media	1000 - 2000	D3
Erosión fuerte	2000 - 3000	D4
Erosión excesiva	> 3000	D5

Existen otros parámetros asociados con la red natural de drenaje, conocidos como **parámetros de drenaje**, cuyas características se describen brevemente a continuación.

El estudio de la fisiología de la red natural de drenaje es importante porque permite estudiar los escurrimientos sobre todo cuando no se dispone de información cuantitativa de los factores hidrometeorológicos. La forma y la densidad de la red de drenaje corresponde a la distribución o arreglo geométrico de los tributarios que lo conforman. Este arreglo o distribución geométrica de la red de drenaje se ha venido formando a través de muchos años sobre la corteza terrestre

y se expresa mediante índices o parámetros que describen de alguna manera la geometría de la red.

2.2.12 Número de Orden de la Cuenca (N)

Es un número que tiene relación estrecha con el número de ramificaciones de la red de drenaje. A mayor número de orden, es mayor el potencial erosivo, mayor el transporte de sedimentos y por tanto mayor también la componente de escorrentía directa que en otra cuenca de similar área. El número de orden de una cuenca es muy vulnerable a sufrir el efecto de escala, la misma que es necesario especificar siempre. Existen dos metodologías para determinar el orden de una cuenca, el criterio de **Schumm** y el criterio de **Horton**.

El primero se determina asignando el primer orden 1 a todos los cauces que no tienen tributarios y, en general la unión de dos cauces de igual orden determinan o dan origen a otro de orden inmediatamente superior y dos de diferente orden dan origen a otro de igual orden que el de orden mayor y así sucesivamente hasta llegar al orden de la cuenca. El cauce principal tiene el orden más elevado, que es nada menos el orden de la cuenca.

El criterio de **Horton** sólo permite asignar el orden 1 a uno de los tributarios simples confluyentes, siendo el otro de orden inmediatamente superior que hace un menor ángulo con la dirección del flujo en el punto de confluencia. Siguiendo la misma ley anterior se llega al número de orden de la cuenca.

2.2.13 Relación de Confluencias

Es la relación entre el número total de cauces de cierto orden al número total de cauces de orden inmediatamente superior.

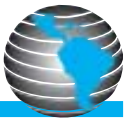
$$R_c = \frac{n_i}{n_{i+1}} \dots\dots\dots(09)$$

R_c = Relación de confluencias, adimensionales
 n_i = Número total de cauces de orden i
 n_{i+1} = Número total de cauces de orden i + 1

La relación de confluencias de la cuenca R_c es valor promedio de todas las relaciones de confluencias parciales. Es un indicador del potencial erosivo y de la capacidad de evacuación de la escorrentía directa de la cuenca.

2.2.14 Relación de Longitudes

Es la relación entre la longitud promedio de cierto orden a la longitud promedio de los cauces de orden inmediatamente inferior.



$$R_i = \frac{L_i}{L_{i-1}} \dots \dots \dots (10)$$

R_i = Relación de longitudes, adimensional
 L_i = Longitud promedio de todos los cauces de orden i
 L_{i-1} = Longitud promedio de todos los cauces de orden $i - 1$

La relación de longitudes de la cuenca (RI) es el promedio de todas las relaciones de longitudes parciales. Es un indicador de la capacidad de almacenamiento momentánea de agua e influye en la cantidad instantánea de la componente de escorrentía directa, conocida como máxima avenida o gasto pico.

Existen otros parámetros de la red de drenaje, tales como la densidad de drenaje y la frecuencia de los ríos, que por ser dimensionales tienen menor importancia que los ya nombrados, para los fines que nos proponemos estudiar cuando no existe o es escasa la información hidrometeorológica.

2.3 Similitud Hidrológica

Para transferir información hacia una cuenca que no dispone desde otra vecina similar que sí la tiene, hay la necesidad que ambos sistemas hidrológicos cumplan condiciones de similitud. Dos sistemas hidrológicos son similares si cumplen las condiciones de similitud geométrica, cinemática y dinámica. Los parámetros adimensionales juegan aquí un papel de primerísima importancia.

2.3.1 Similitud Geométrica

Dos sistemas hidrológicos son similares geoméricamente si el **Índice de Capacidad** tiene un valor equivalente o idéntico en ambos sistemas.

2.3.2 Similitud Cinemática

Dos sistemas hidrológicos guardan similitud cinemática si la red de drenaje natural tiene la misma conformación geométrica, esto es, cuando la **Relación de Confluencia** adopta un valor equivalente o idéntico en ambos sistemas.

2.3.3 Similitud Dinámica

Dos sistemas hidrológicos son similares dinámicamente si el Coeficiente Orográfico tiene igual o idéntico valor en ambos sistemas.

El cumplimiento de las tres condiciones anteriores garantizan la similitud total de los sistemas hidrológicos, que encierran implícitamente similares

condiciones de clima, geológicas y hasta de cobertura vegetal.

2.3.4 Transferencia de Información Hidrometeorológica

La técnica de transferencia de información se realiza empleando parámetros adimensionales que contengan las variables a transferir. Los parámetros de transferencia más conocidos en hidrología son:

- Número de Oswald (O_s)

Parámetro adimensional que relaciona gastos de escorrentía, altitudes medias, lámina de precipitación y área de la cuenca. Este parámetro es utilizado en cuencas andinas donde la precipitación es función de la altura.

$$O_s = \frac{Q^* Z}{A^{3/2} P} \dots \dots \dots (11)$$

O_s = Número adimensional de OSWALD
 Z = Altitud media de la cuenca
 P = Lámina de precipitación

Aplicando este número a la cuenca con información conocida y a la cuenca problema:

$$\frac{Q_c Z_c}{A_c^{3/2} P_c} = \frac{Q_p Z_p}{A_p^{3/2} P_p} \dots \dots \dots (12)$$

En la cuenca problema casi nunca se conoce las escorrentías, pero sí se conoce el área, altitud media y casi siempre la lámina de precipitación, entonces:

$$Q_p = \left(\frac{Z_c}{Z_p} \right) \left(\frac{P_p}{P_c} \right) \left(\frac{A_p}{A_c} \right)^{3/2} Q_c \dots \dots \dots (13)$$

$$Q_p = \frac{P_c A_c^{3/2}}{Z_e} Q_c = K Q_c \dots \dots \dots (14)$$

Q_p = Caudal en la cuenca problema
 Q_c = Caudal en la cuenca con información
 P_e = Escala de precipitación
 A_e = Escala en áreas
 Z_e = Escala en altitudes
 K = Constante adimensional

- El Parámetro más simple de transferencia es el que relaciona la escala de **cantidad de agua precipitable** con la intensidad de precipitación, muy versátil para transferir intensidades aún cuando la precipitación no dependa de la altura, como en el caso de la Selva Peruana.

$$\pi = \frac{I}{P} \dots \dots \dots (15)$$

π = Parámetro adimensional
 I = Intensidad de precipitación
 P = Lámina de precipitación en un periodo de tiempo dado

Estableciendo la relación de similitud se obtiene:

$$I_p = \left(\frac{P_p}{P_c} \right) I_c \dots \dots \dots (16)$$

I_p = Intensidad de la precipitación en la cuenca Problema
 P_p = Lámina de precipitación en la cuenca Problema
 P_c = Lámina de precipitación en la cuenca con Información
 P_e = Escala de cantidad de agua precipitable
 I_c = Intensidad de precipitación en la cuenca con Información

La información más abundante es la pluviométrica, pero si no se cuenta aunque sea en lugares más próximos, puede generarse fácilmente mediante un análisis regional. En cambio la información de escorrentías e intensidades máximas es la más escasa y frecuentemente no existen en la zona del proyecto. Frente a esta situación, la técnica de transferencia por similitud nos permite una solución bastante aceptable.

2.4 Descripción Hidrológica de la Cuenca

Los parámetros geomorfológicos correspondientes al área, relieve y a la red hidrográfica, nos permiten realizar una descripción del comportamiento hidrológico del sistema con bastante aproximación. La ubicación de la cuenca y su altitud, nos permite hacer una inferencia acerca de su pluviosidad; su geometría, relieve y red hidrográfica nos facilita explicar su comportamiento frente a las escorrentías y a la degradación hídrica a que está expuesta.

Una investigación de campo y la realización de algunos aforos nos ayudará a verificar y a completar el estudio.

3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

3.1 Información Cartográfica

Esta información está constituida por mapas topográficos o cartas nacionales a diferentes escalas, dependiendo del detalle de los estudios. Mientras mayor sea el detalle topográfico que se desea conocer, se requiere escalas mayores, cuyo costo de la información también se incrementa.

El estudio hidrológico de cuencas, dependiendo de su tamaño, no es muy exigente en este sentido, pudiendo trabajarse con escalas estándares de 1: 100 000. Debe tenerse presente que ciertos parámetros, son muy sensibles a los efectos de escala, tales como el Número de Orden



de la cuenca, Relación de Confluencias, Relación de Longitudes y hasta el Área; pues existe un mayor error mientras más pequeña sea la escala.

A partir de la información cartográfica se delimita el área de estudio y se determinan todos parámetros geomorfológicos, los mismos que explican los efectos dinámicos de su comportamiento, tal como se discutió en el capítulo anterior.

3.2 Información Hidrometeorológica

Se suele presentar cualquiera de los siguientes casos:

- **Cuencas con suficiente información**, referente a precipitación, descargas y climatología general.
- **Cuencas con escasa información**, escasa información de descargas y suficiente información de precipitación y viceversa.
- **Cuencas sin información**, ni de descargas ni de precipitación.

Este último es el caso más crítico, pero a la vez el más frecuente en casi todos los países subdesarrollados. En este caso, se recomienda como alternativa transferir información desde otra cuenca vecina empleando criterios de similitud.

Frecuentemente, la información más abundante es la referente a precipitación total, pero si no se cuenta es posible generarla fácilmente por procedimientos de regionalización, en cambio las intensidades máximas de precipitación y las escorrentías o flujos de descarga, constituyen casi siempre una información nula en el área del proyecto.

Para el caso de pequeñas centrales hidroeléctricas, casi siempre las fuentes de agua lo conforman cauces naturales de micro cuencas sin ninguna información, o a lo sumo con información pluviométrica, aunque sea en otras cuencas vecinas. Para este caso, es necesario conocer el gasto máximo probable que puede obtenerse a partir de intensidades máximas transferidas con el criterio de escala de **agua precipitable** mediante la Ecuación (16). Se requiere además conocer los caudales promedio mensuales, los que se pueden transferir desde sistemas hidrológicos similares mediante el Número de Oswald de la ecuación (14). Los aforos realizados permitirán verificar y realizar un mejor ajuste de dicha ecuación.

3.2.1 Recopilación de Información Hidrometeorológica

Generalmente, no se dispone en la zona del proyecto de registros de descargas medias mensuales, ni descargas máximas

mensuales, información que requiere este tipo de proyectos. En este sentido, lo más probable es que siempre se tenga que transmitir información desde cuencas vecinas, especialmente en lo referente a escurrimientos sostenidos e intensidades máximas de precipitación.

La información necesaria para realizar transferencia de información consiste casi siempre de registros de precipitaciones mensuales de las cuencas con información y sin información. Con esta información, previamente tratada estadísticamente, se realiza la transferencia de intensidades máximas y descargas medias mensuales. Para el caso de micro cuencas, la descarga máxima se obtiene a partir de las máximas intensidades de precipitación transferidas desde la cuenca con información.

3.2.2 Tratamiento de Información Pluviométrica

Los registros históricos de precipitaciones mensuales de ambas cuencas, se someten a un proceso estadístico de análisis de consistencia. Luego se completan y se extienden las series, por métodos de regresión lineal simple, de ser el caso. Para cuyo efecto, debe realizarse siempre la prueba estadística de «T» del coeficiente de regresión lineal.

Con la información ya tratada se obtiene el coeficiente de transferencia o factor de escala correspondiente utilizando las ecuaciones de transferencia ya citadas.

3.2.3 Tratamiento de Información Pluviográfica

Las intensidades máximas instantáneas de la cuenca con información, son sometidas a un proceso de análisis de frecuencias y de ajuste a un modelo de Valor Extremo de variables anuales. La finalidad de este análisis es el de introducir una cierta incertidumbre de diseño (J) y generar intensidades para diferentes probabilidades de ocurrencia y tiempos de retorno.

El procedimiento de ajuste de intensidades máximas anuales de la Estación Weberbauer ubicada en el campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, se explica a continuación.

Las Intensidades Máximas de la Estación Pluviométrica Weberbauer, se ajustaron al Modelo Probabilístico de Variable Extrema EV1 o de GUMBEL.

Donde:

$F(x < X)$ = Probabilidad acumulada de que cualquier evento x será menor que X

α = Parámetro de escala

β = Parámetro de posición

Los parámetros del modelo, por el Método de Momentos, se estiman mediante:

$$X = b + 0.45005 S$$

$$\alpha = 1.28255 / S$$

X = Media muestral

S = Desviación estándar muestral

Los Parámetros del Modelo, se determinan, para las intensidades máximas correspondientes a cada periodo de duración, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro N° 05.

Para realizar la prueba de Kolmogorov, la Probabilidad Observada se obtuvo

Duración (min.)	Estadísticos Muestrales	Parámetros del Modelo		Prueba de Ajuste
	\bar{x}	S	α	β
5	76.88	15.71	0.045670	05.8895
30	52.04	12.00	0.301147	31.2514
30	28.91	6.76	0.392540	28.9577
60	17.66	4.26	0.391080	15.7481
120	10.00	2.54	0.500896	8.3273

utilizando el criterio empírico de Weibull.

$$P(x > X) = \frac{m}{n+1} \dots \dots \dots (18)$$

Donde:

$P(x > X)$ = Probabilidad Observada acumulada de que, cualquier evento x será mayor que el evento X

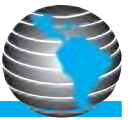
m = Número de orden de la sucesión decreciente

n = Tamaño o longitud de la muestra

La probabilidad simulada, se obtuvo a partir del Modelo EV1. El estadístico de Kolmogorov, al 95% de confianza, arroja un valor de 0.286. La desviación máxima absoluta entre la probabilidad simulada y la observada es de 0.146. De la comparación de ambos valores, se concluye que, existe un excelente ajuste al Modelo Probabilístico EV1.

Teniendo en cuenta que la inversa del primer miembro de la ecuación (17), representa el **Tiempo de Retorno** (T_r), despejando la variable x de dicha ecuación, se obtiene la ecuación (19).

$$x = \beta - \frac{1}{\alpha} \text{Ln} \left[-\text{Ln} \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \dots \dots \dots (19)$$



$$T_r = \frac{1}{1 - (1 - J)^{1/n}} \dots\dots\dots(20)$$

Donde:

T_r = Tiempo de retorno, en años

J = Incertidumbre o probabilidad de fallar en la predicción, en un número «n» de años consecutivos

Mediante la aplicación de las ecuaciones (19) y (20), teniendo en cuenta los valores de los parámetros del Cuadro N° 05, y un Factor de Transferencia de 1.6 (asumido como ejemplo), se determinaron los valores de las intensidades máximas de precipitación consignadas en el Cuadro N° 06.

4. DISPONIBILIDADES PROMEDIO DE AGUA

Las disponibilidades promedio mensuales de agua o de escurrimiento sostenido, se determinan multiplicando el factor de transferencia, obtenido de la similitud hidrológica, por los datos de la serie de descargas medias mensuales corregido y completado por procedimientos estadísticos. El factor de transferencia más completo es el obtenido mediante el Número de OSWALD, y la bondad de transferencia se verifica con aforos realizados en la fuente en diferentes épocas del periodo de estiaje.

5. DESCARGAS MÁXIMAS

5.1 Intensidades Máximas de Diseño

Del cuadro de intensidades máximas transferidas, se selecciona la intensidad máxima de diseño, extendiéndose luego para el periodo de duración equivalente al tiempo de concentración de la cuenca.

Para este tipo de proyectos, la incertidumbre de diseño o riesgo de fallar en la predicción puede tomarse entre un 5% a 20% en un periodo entre 20 y 30 años consecutivos, dependiendo de la importancia y del riesgo natural a que está sometido el proyecto.

La proyección o extensión de la intensidad máxima, para el periodo de duración equivalente al tiempo de concentración de la cuenca, se realiza mediante el parámetro adimensional siguiente:

$$\pi_3 = \frac{I * t}{Z} \dots\dots\dots(21)$$

La ecuación anterior, estableciendo la similitud de ambos sistemas, se escribe como:

$$\frac{I_c t_c}{Z_c} = \frac{I_p t_p}{Z_p} \dots\dots\dots(22)$$

$$I_p = \left(\frac{Z_p}{Z_c} \right) \left(\frac{t_c}{t_p} \right) I_c \dots\dots\dots(23)$$

$$I_p = \frac{Z_e}{t_e} I_c \dots\dots\dots(24)$$

Donde, en esta última ecuación, la escala de altitudes «Ze» es la unidad por tratarse de información ya transferida, esto es de la misma localidad. Además:

$$t_e = \frac{t_p}{t_c} \dots\dots\dots(25)$$

t_p = Tiempo de concentración de la cuenca problema

t_c = Periodo de duración, en la tabla de intensidades, más próximo al tiempo de concentración

I_p = Intensidad máxima de diseño en la cuenca problema

I_c = Intensidad seleccionada en la tabla de datos transferidos

5.2 Descargas máximas de Diseño

Con la intensidad máxima de diseño obtenida para el proyecto, se determina la avenida máxima de diseño, empleando el parámetro adimensional siguiente:

$$\pi_4 = \frac{Q}{IA} \dots\dots\dots(26)$$

$$Q = \pi_4 IA \dots\dots\dots(27)$$

π_4 = Parámetro adimensional

Q = Gasto máximo de diseño

I = Intensidad máxima de diseño

A = Área de la cuenca

Esta última ecuación, equivaldría a la expresión del Método Racional donde el parámetro adimensional π_4 reemplaza al coeficiente C de escorrentía.

Para micro cuencas alto andinas, se ha determinado que el parámetro adimensional π_4 varía 0.15 y 0.45, correspondiendo los valores más grandes a las micro cuencas más pequeñas y de mayor pendiente y, viceversa. Lo que equivaldría también a decir que, mientras mayor sea la capacidad de almacenamiento momentáneo en la cuenca, menor será el coeficiente de escorrentía π_4 .

Período de Años en	J (%)	n	INTENSIDAD MÁXIMA (mm/h)					
			500m	1000m	2000m	3000m	4000m	5000m
2	5	40	219	152	107	80	62	
	15	18	189	136	97	72	58	
	30	11	161	117	84	64	51	
	50	7	144	107	77	58	46	
	75	5	132	99	71	53	42	
5	5	30	240	174	125	93	74	
	15	16	212	152	109	81	65	
	30	10	182	136	99	74	59	
	50	7	174	126	91	68	54	
	75	5	162	119	86	63	50	
10	5	20	300	216	156	116	92	
	15	12	270	198	144	108	85	
	30	8	254	186	136	101	79	
	50	6	237	173	126	94	74	
	75	5	222	163	119	90	70	

6. DEGRADACIÓN DE LA CUENCA Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Para micro cuencas alto andinas es suficiente estimar el potencial de degradación o de pérdida de suelo, mediante la Ecuación (08).

Donde el potencial de degradación q^s se transforma a degradación neta, asumiendo un factor de entrega menor que la unidad, el mismo que depende de las características físicas de la cuenca y de su tamaño, según el Cuadro adjunto.

Área (Km²)	f
0.10	0.50
1.00	0.35
2.50	0.30
10.00	0.25
25.00	0.18
250.00	0.10
500.00	0.08

Factor de Entrega: No todo el material removido o erosionado abandona el sistema hidrológico, junto con el agua de escorrentía, sino que, parte del material sólido vuelve a sedimentarse en las depresiones y áreas bajas de menor pendiente de la misma cuenca. El coeficiente por el que hay que multiplicar la degradación potencial, para obtener la cantidad neta de sólidos que abandona el sistema se llama Factor de Entrega, es siempre menor que la unidad y depende del tamaño del área receptora-colectora. Aumenta al disminuir el área colectora y viceversa.

De la totalidad de la degradación neta, en micro cuencas alto andinas, entre un 75% a 90% corresponde a material sólido en suspensión y sólo entre un 10% a 25% corresponde a sólidos de arrastre. La cantidad de sólidos de arrastre son mayores, en micro cuencas de mayor pluviosidad y de mayor pendiente, desprotegidos de cobertura vegetal.

Mayor información: **Oswaldo Ortiz Vera**
 Universidad Nacional de Cajamarca, Perú
 ingoov@hotmail.com

PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

EDITORIAL

En esta edición de Pequeños Molinos de Viento les ofrecemos un caleidoscopio de aplicaciones de bombeo con el uso del viento. Desde Oaxaca en México, donde el precioso recurso es usado para el abrevado del ganado, y pasando por la Neukirchner Misión en las riberas del Lago Tanganyika en Tanzania, hasta llegar al otro extremo de nuestro Planeta, donde un parque de molinos artesanales proporciona la energía para las salineras en el sur de Vietnam.

Desde Argentina se reporta que la aerobomba representa más que nunca una alternativa costeable para

las necesidades de agua y electricidad en el campo, fomentado por la situación del país y la confianza que la tecnología se ha ganado en su trayectoria de ya casi un siglo. Esto nos enseña que los molinos del viento no sólo son una fuente de energía para el campo, sino también constituyen un producto atractivo para los que lo fabrican. Es decir: donde exista una demanda auténtica, los sistemas de aerobombeo pueden contribuir a la generación de empleo digno y gratificante que promueva el bienestar del campo. Es bueno saberlo.

Finalmente queremos comentarles que estamos trabajando en reabrir la

edición en inglés de nuestra revista y pronto tenerla en ambos idiomas disponible en la Web. No obstante la carencia de servicios básicos para muchos en este mundo, la humanidad a la vez está llenando el ciberespacio a pasos gigantescos. Las páginas Web de Aureka y de Indelmec nos demuestran claramente que también la aerobomba ha entrado a una nueva etapa. Y que ambos productores están viendo los mercados fuera de su propio continente, es muy alentador.

*Remi Rijs
Jan de Jongh*

BOMBEO DE AGUA EN SAN ISIDRO, OAXACA

Introducción

En México desde hace varias décadas los molinos de viento o papalotes, han sido usados en el sureste del país para la extracción de agua de pozos de hasta 30 metros de profundidad. Su bajo costo y la facilidad de mantenimiento local permitieron una rápida difusión, y tal vez influyera también la ausencia en la zona de redes eléctricas que proveyeran energía para el bombeo eléctrico convencional. Esto ha sido punto de partida del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), entidad de soporte técnico para el sector agropecuario y administrador del programa nacional de energía renovable para la agricultura, para proponer la implementación de al menos 50 sistemas eolieléctricos para bombeo. Este programa, apoyado por el GEF, entre otros debe determinar la viabilidad de la tecnología y evaluar las principales barreras. En octubre del 2002 se implementó el sistema híbrido en Oaxaca que se describe a continuación.

Selección de Sitio del Proyecto

La Ventosa en Oaxaca es famosa por su recurso eólico y alberga la primera y única granja eólica del país. Esto hace pensar que sitios cercanos deben

contar con recurso suficiente para un sistema eolieléctrico y de hecho, seis de los nueve sitios visitados fueron calificados como técnicamente aceptables. El siguiente paso entonces consistió en analizar la infraestructura del rancho, las necesidades de agua y el interés del propietario.

Un sistema eólico para bombeo de agua puede llegar a producir hasta 80 m³ de agua por día, dependiendo del tipo de bomba, el tamaño del aerogenerador, las condiciones del pozo y el viento. Es necesario contar con un tanque de almacenamiento suficientemente grande para aprovechar las rachas de buen viento, pero es igual de importante la capacidad de pozo. El recurso eólico es prácticamente impredecible al 100%, pero para este caso se contaba con datos estadísticos que son corroborados por indicadores en la naturaleza, como se puede ver en la fotografía.

Características del Rancho San Isidro

El Rancho San Isidro, ubicado en las coordenadas geográficas 16° 27.67N, 94°56.08W, se dedica a la crianza de ovinos, de los cuales tiene actualmente 250 cabezas además de 14 bovinos. Con una extensión de 20 ha, San isidro está

ubicado en un llano abierto con muy poca vegetación donde se pudo apreciar una corriente de viento muy importante que corre de Norte a Sur. El rancho se encuentra a 6 km de las redes eléctricas y la ciudad más próxima es Juchitán. El pozo del sitio es de 6.4 m de profundidad con aproximadamente 1 metro de diámetro y una columna de agua de 3.3 m. El pozo es operado con una motobomba de 4 hp que satisface la demanda actual de 1.5 m³/día; hay un tanque de almacenamiento de 10 m³. Como no había datos de aforo, no fue posible predecir la disponibilidad del agua.

Los productores confirmaron que con el sistema de bombeo previsto, podrían iniciar su programa ambicioso de cultivo de pastos *Tanzania* y *Bombaza* que requeriría unos 20 m³/día adicionales. Con esta información la energía a suministrar sería del orden de los 4,700 Wh/ día para satisfacer una demanda crítica de 50 m³/día, aunque ellos aseveraron que su demanda podría llegar hasta 80 m³/día, correspondientes con 6,850 Wh/día.

Si los productores no cuentan con energía eléctrica de la red y usan plantas de combustión, sus niveles de producción suelen limitarse a su capacidad de compra de combustible

PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

y pago por mantenimiento de la máquina. Ellos aseguraron que si contaran con energía de la red su situación cambiaría considerablemente, pero hay casos que demuestran que la energía eléctrica de la red no es la principal limitante sino también su capacidad para invertir en infraestructura. Para el dimensionamiento del sistema en San Isidro se asumió que los productores aumentarían su capacidad de producción hasta los límites técnicos de cultivo en su predio y que aprovecharían toda el agua que el sistema fuese capaz de producir bajo cualquier circunstancia.

La Selección del Sistema Eólico

Por instrucciones del FIRCO, el diseño del sistema se dejó bajo la responsabilidad del contratista Inelecsa de San Luis Potosí que se respaldó en los proveedores Kyocera Solar y Southwest Wind Power, ambas de Arizona. El laboratorio encargado de la evaluación del potencial eólico fue NREL. Motivado por el deseo de contar con un sistema híbrido y la demanda del productor de tener garantizada el agua bajo cualquier circunstancia, el proveedor propuso un sistema híbrido eólico-fotovoltaico.

El aerogenerador Whisper H80 se instaló a 17 metros de distancia de la bomba en una torre de sólo 6.4 m de altura, lo cual fue considerado suficiente dado el fuerte potencial del viento. La conexión se realizó usando un cable conductor AWG 10. El sistema solar de ocho paneles KC50 se pudo ubicar a 4 metros de la bomba. Todos los conductores fueron llevados en conduit y enterrados para evitar la exposición al sol y el daño por paso de personas y vehículos. La bomba de agua fue sumergida hasta escasos 50 cm del fondo del pozo para aprovechar la máxima capacidad de la fuente. La tubería de descarga de acero galvanizado de 2" llega hasta la parte alta del tanque de almacenamiento a 4.6 m sobre el nivel del terreno. De ahí el agua cae por gravedad hasta un segundo tanque de almacenamiento que es prácticamente una pileta.

Componente	Descripción
Aerogenerador	<ul style="list-style-type: none">- Southwest Wind Power Whisper H80.- Diámetro del rotor: 3 m.- Número de palas: 3- Área de barrido: 7.3 m².- Potencia típica a 10 m/s: 860 W.- Voltaje Típico de Operación: 240 VCA.- Voltaje ajustado de Operación: 150 VCA.
Torre	<ul style="list-style-type: none">- Metálica de 6.4 m de altura, 2.5" de diámetro, atirantada.- Con poste de ayuda integrado.
Sistema de control	<ul style="list-style-type: none">- Capacitores para mejor arranque del motor de la bomba.- Varistores de protección contra descargas atmosféricas.- Interruptor general de dos posiciones, diseñado por Grundfos para soportar sistemas híbridos.
Sistema solar	<ul style="list-style-type: none">- Arreglo FV formado por 8 módulos Kyocera KC50 de 50 Watts, interconectados en serie para dar un voltaje típico de 120 VCD.
Bomba eléctrica	<ul style="list-style-type: none">- Sumergible Grundfos de 0.9 kW, Motor Franklin 1 HP, 60 Hz, 230 VCA, 3 fases, 4.1 A, 3450 rpm. Corriente máxima de 7.0 A.



Foto: Sistema híbrido eólico-solar con el aerogenerador Whisper al fondo.

La Producción de Agua

Con base en los datos del fabricante y las características del sitio se puede estimar la producción de agua del sistema instalado. Un dato importante del cual contamos de forma indirecta es la velocidad de viento media anual a la altura de la máquina, la cual se estima en 5.5 m/s; la velocidad promedio máxima sobre un día podrá llegar hasta 9 m/s a esa altura. Con estas premisas se estima que el sistema eólico produciría 64,000 litros por día como promedio diario anual, llegando a niveles tan altos como 120,000 litros diarios en épocas de alta intensidad eólica.

Por otra parte el sistema solar por sí solo es capaz de producir 10,000 litros por hora a máxima irradiancia, por lo que se podría esperar un máximo de 35,000 litros por día. Durante las pruebas de aceptación, en condiciones de vientos entre 4.5 y 5 m/s, las lecturas del gasto eran aproximadamente 900 litros/hora. En vientos moderados, el aerogenerador rápidamente llega a satisfacer la demanda de energía total de la bomba, por lo que la energía aportada por el sistema solar no sería aprovechada aunque la irradiancia fuese muy aceptable. Suponiendo un uso efectivo del último de 50% del tiempo, se supone que el sistema híbrido entregará entre 70,000 y 80,000 litros diarios de agua.

PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

Aspectos económicos

El sistema fue vendido en \$ 115,000.00 pesos mexicanos (US\$ 12,950.-) con impuestos incluidos, facturado en mayo del 2002, lo que da una relación de US\$ 10.79 por potencia instalada. Asumiendo una producción de agua promedio anual de 27,300 m³ con un tiempo de vida medio de 15 años, el volumen total de agua extraída sería de 409,500 m³. El costo por mantenimiento del sistema se estima en US\$ 300.- dólares/año, que incluye al menos una visita cada 18 meses para la limpieza de las palas, revisión de cables y el reemplazo de algunos componentes menores como varistores, capacitores y cables. Con los datos anteriores, la inversión neta a valor presente se calcula en US\$ 16,550.- dólares, lo que da como resultado un costo por unidad de agua producida de US\$ 0.04.

Conclusiones

Esto demuestra que en condiciones del recurso eólico favorables como en Oaxaca, los sistemas de bombeo de agua eoloeléctricos son rentables, proporcionando al productor una herramienta muy valiosa para su trabajo en la agricultura. Se puede también concluir, que al menos que el productor tenga capacidad para aprovechar esos volúmenes de agua y la fuente sea capaz de suministrarla sin que esto impacte negativamente el manto acuífero, se justifica un sistema híbrido.

En sitios como Oaxaca en que la humedad relativa es media y el ambiente es ligeramente agresivo por estar próximo a la costa, este tipo de sistemas tendría un tiempo de vida medio (8 a 15 años) siempre que se lleven a cabo las rutinas de mantenimiento y se opere de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Mayor información:

*Arturo Romero Paredes Rubio
Ecoturismo y Nuevas Tecnologías*

SA de CV

*Lomas de Atizapán, Estado de México,
México.*

Correo electrónico: aromerop@mx.inter.net

Instalación Aerobomba AUREKA en la Misión de Matyazo

Hace un año se transportó una aerobomba AUREKA AV-55 de Auroville en India para ser instalada en la Misión de Matyazo, cerca del Lago Tanganyika. La aerobomba sería usada para proveer de agua potable las instalaciones de la Misión y así brindar importantes ahorros de combustible.

La Misión de Matyazo fue fundada en 1932 por misioneros alemanes que en ese momento ni idea tenían de que en ese lugar se erigiría un centro médico y más bien se fijaban en el aire fresco y los hermosos panoramas; para sólo después darse cuenta de lo difícil que era llevar agua al cerro. La Misión está ubicada en la cima de un cerro a unos 1,000 metros sobre el nivel del Lago Tanganyika. La ciudad más cercana es Kigoma con unos 75,000 habitantes a unos 45 kms de distancia, es decir, una hora de viaje. Hoy en día la Misión cuenta con un hospital y un orfanato donde trabajan seis alemanes de forma permanente.

El promotor del proyecto es el Sr. Wilfried Mahn, quien fue enviado a Tanzania en 1966 por la Neukirchner Mission de Alemania y que desde entonces ha vivido en el país. Es mano derecha del obispo de la diócesis de Tanganyika Occidental y trabaja como sacerdote y gerente, organiza las comunidades cristianas y edifica iglesias, kindergarten y centros médicos. La región tiene un muy bajo nivel de desarrollo y carece de carreteras asfaltadas, servicio eléctrico y el acceso al agua es limitado. La población local se mantiene de lo que les da la tierra.

Anteriormente, la Misión se abastecía de agua (no potable) subida con una bomba diesel desde la toma en una corriente superficial unos 80 m hacia abajo. Más tarde, se perforó un pozo con una bomba sumergible para alcanzar las aguas potables a 120 m de profundidad. Este sistema sigue funcionando pero resulta muy costoso la operación del equipo diesel para generar la electricidad para la bomba. Entonces unos 15 años atrás nació la idea de experimentar con un molino de viento para generar energía eléctrica y así bajar los gastos de combustible para bombeo.

Se pidió analizar las implicaciones técnicas a Hans-Jurgen Bendig, un ingeniero mecánico de Alemania y amigo del Sr. Mahn, pero el proyecto resultó demasiado costoso y fue abandonado hasta que, en 1999, amigos de una iglesia en Bad Mergentheim empezaron a juntar dinero para un sistema eólico mecánico. Finalmente el Sr. Bendig pudo empezar a analizar la situación en Matyazo y dio con el producto de AUREKA como el más idóneo.

Las condiciones en Matyazo son poco comunes: el agua superficial es almacenada en una cisterna subterránea de baja profundidad y subida a los tanques en la Misión. La altura de bombeo es de 80 m, pero ¡hay una distancia de 1,600 metros! Asimismo, los niveles de agua en la cisterna deben ser respetados como es la única fuente de agua para un poblado cercano. El ingeniero Robi Trunz de Auroville primero aconsejó perforar un pozo en la cima del cerro al costado del hospital, pero esta opción no procedía por la rocosidad del suelo y como se esperaba condiciones del viento más favorables (promedio de 4 m/s) en las proximidades de la cisterna donde no hay árboles. Aunado a ello sería preciso una cámara de aire en la tubería de despacho y AUREKA no tenía experiencia práctica con ello. No obstante, el proveedor decidió asumir el proyecto una vez que el Sr. Bendig les convenció de las cualidades y la experiencia de la gente de la Misión y cómo el uso fluido del correo electrónico podía ayudar a solucionar los problemas inmediatos que surgieran durante la instalación y operación.

La VA-55 fue proporcionada con la válvula flotante diseñada en la Universidad de Eindhoven en Holanda que, considerando la altura de bombeo, fue adaptada para eliminar cualquier riesgo de vencimiento de las paredes de polipropileno. Asimismo, se tenía que efectuar el cálculo del sistema de la cámara de aire y concluidas las preparativas, la unidad entera inclusive el sistema

PEQUEÑOS MOLINOS DE VIENTO

hidráulico y un manual de instalación especialmente preparado, fue embarcada a Tanzania en mayo 2003.

En septiembre del 2003, los trabajadores del taller mecánico del Hospital de la Misión con apoyo del Sr. Bendig armaron la aerobomba en el terreno para después levantarla con una camioneta pesada. En noviembre un padre católico de una misión vecina, un excelente técnico, finalizó la instalación del sistema hidráulico. Un detalle importante era centrar la bomba exactamente vertical sobre la cisterna y fijarla en esta posición.

El desempeño de la aerobomba ha sido muy bueno, habiendo vientos suficientes para operarla gran parte

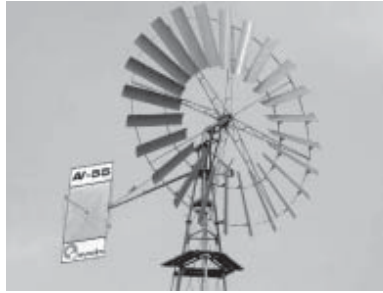


Foto: La aerobomba AUREKA AV-55.

del tiempo, lo cual satisface la mayor parte de la demanda diaria para el lavado y la limpieza. El agua potable sigue extrayéndose del pozo con la bomba sumergible, pero los tiempos de operación del equipo diesel se han drásticamente reducido.

Mayores informaciones:

Wilfried Mahn, Neukirchner Mission'at Neukirchen/Vluyn, Alemania.

www.eg-nm.org;

Robi Trunz, AUREKA, Auroville – 605 01/Tamil Nadu, India.

www.aureka.com.

es ampliar el mercado externo para nivelar y crecer independientemente de los picos de demanda y de la incertidumbre que presenta nuestro país.

Con respecto a mejoras o nuevos sistemas en lo que a la tecnología se refiere, estas están aplicadas a los procesos constructivos y productivos y no al diseño en sí, que realmente demostró su robustez, confiabilidad y rendimiento. En la actualidad nuestra empresa está desarrollando, con ayuda de la Universidad Nacional de Rosario, un accesorio para acoplar al molino y así poder generar electricidad para fines pequeños. El motivo principal es aprovechar la capacidad instalada de los más de 1 millón de molinos de viento en nuestro territorio. El lanzamiento comercial está previsto para fines de este año.

Mayor información: Fernando Todisco

Molinos INDELMEC SRL

San Martín 1832, 2107 Soldini,

Provincia de Santa Fé,

República Argentina

Tlf: +54-(0)341-490 1027

Fax: +54-(0)341-490 1027

info@molinos-indelmec.com.ar

www.molinos-indelmec.com.ar

INDELMEC: Nuevas Perspectivas en Argentina y el Exterior

Molinos Indelmec SRL es fabricante del molino Cindelmet, que comenzó a fabricarse en Argentina en el año 1948 bajo licencia y supervisión de AGAR CROSS, siendo Molinos Indelmec en la actualidad el continuador en la producción del mismo desde fines de los años 70. Mientras la empresa Fiasa es líder en el centro-sur de nuestro país, nosotros tenemos mayor presencia en el centro-norte.

La demanda potencial anual de molinos para bombeo en nuestro país ronda en las 10,000-15,000 unidades y es estimulada en parte por los siguientes motivos:

- La extensión del país (y su crisis) hace que la electrificación rural sea un proyecto lejano aún; el tendido eléctrico de más de 1 km hace antieconómico su servicio comparado con el costo de un molino.
- Los vientos promedio de aproximadamente 5m/s hacen a los molinos competitivos con respecto a otras alternativas.
- El auge de cultivo de soja y cereales está provocando desplazamientos del ganado vacuno a tierras menos productivas, con la consiguiente necesidad de inversión en aguadas en terrenos vírgenes.
- La crisis económica, devaluación de la moneda, alto costo de los combustibles, han valorizado nuevamente los molinos en reemplazo de bombas eléctricas (irrigación, casas de fin de semana, countries, piscinas, aireadores, filtros de agua, trasvase, vaciado de zonas anegadas, etc).
- En gran parte de nuestro país las napas de agua de calidad están en el rango de 20-30 m de profundidad, valor óptimo para el funcionamiento del molino.

Desde 1948 hemos instalado más de 170,000 molinos que en su mayoría siguen en operación. Nuestra empresa se ha dedicado básicamente al mercado interno, pero hemos exportado molinos a España, Bolivia, Uruguay, Brasil y Paraguay. Si bien la demanda interna pasa por un momento exuberante, nuestra intención

Pequeños Molinos de Viento

Pequeños Molinos de Viento, co-redactado por Arrakis, Holanda, aparece como la continuación del proyecto Small Scale Wind Energy Systems, financiado por el Ministerio de Relaciones Exteriores de los Países Bajos (NEDA-DML/KM). Desde 1999 viene publicado en inglés y en español. La edición en español es publicada como inserto de la revista «HIDRORED» de ITDG-Perú (www.itdg.org.pe).

Coordinación

Arrakis, De Olieslager 7, 5506 ER

Veldhoven, Países Bajos;

tel.: +31(40)281 9454;

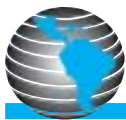
fax: +31(40)281 9602;

info@arrakis.nl; www.arrakis.nl.

Redacción y artículos

info@eologica.com

El contenido de Pequeños Molinos de Viento puede ser reproducido siempre y cuando sea citada la fuente. Para cualquier información, artículos o suscripciones, favor de contactar la redacción.



LA PARTICIPACION Y ORGANIZACIÓN EN PROYECTOS DE ELECTRIFICACION RURAL

Rafael Escobar

1. LA PARTICIPACIÓN, CONCEPTO Y ALCANCES

Quizás una de las causas sustanciales que generan la pobreza es la exclusión de amplios sectores de la población, tanto de los espacios de decisión y poder, como de los bienes y servicios que el desarrollo genera.

Desde esta visión, es que consideramos que la participación de la población en los procesos que envuelven las diferentes estrategias y programas de electrificación rural, ha conllevado a reflexionar sobre este tema. Los aportes que significan impulsar una participación plena, las limitantes que ocasionan algunos paradigmas desde las esferas del poder, así como algunos instrumentos que mal utilizados, ocasionan problemas y mayor exclusión, son vistos aquí, no en una manera rigurosa y académica, sino en una relación teórica práctica de cómo la participación social puede impulsar y consolidar la sostenibilidad de proyectos energéticos.

Siendo así entonces, nuestro propósito, no es definir en forma absoluta el concepto participación, sino aportar con algunos criterios que nos puedan ayudar a plantear y esbozar el trabajo que se realiza, con la población; desde el diseño, implementación y posterior gestión de un proyecto en una determinada comunidad, enfatizando en aquellos relacionados con la electrificación rural, apoyándonos para ello en la experiencia y el marco conceptual existente.

Dadas las características políticas, económicas, sociales y ambientales que tienen los países de Latinoamérica (con democracias no muy consolidadas); debemos enfatizar que el hecho de participar o de no hacerlo está influido por un conjunto de factores, desde las características del individuo, como aquellas que determinan el contexto y que interactúan con las del ambiente social, lo que va configurando **una estructura de oportunidades para la participación.**

Entonces en esta orientación cuando hablamos de participación, necesariamente debemos referirnos a la organización, pues es en esta última en donde se van plasmando las diversas manifestaciones de participación, ya sean estas individuales o grupales.

Siendo así, en nuestro entendimiento del tema, compartimos la definición de la participación «... como el proceso por el cual las personas y las colectividades toman parte en la construcción de un proyecto ... autónomamente orientado. Implica no solo el acceso a los bienes y servicios, sino particularmente el derecho a decidir sobre su propio destino»¹

Ello significa que la participación debe estar referida a acciones colectivas provistas de un grado importante de organización y que adquieren una orientación propia a partir del hecho que se orientan por una decisión colectiva, la misma que debe aspirar a ser formalizada. Esto conlleva a una definición de roles o posiciones más o menos estructurada y diferenciadas, lo que debe contribuir a la generación de una voluntad colectiva en el grupo u organización.

En esta perspectiva, es fundamental tomar en consideración que para lograr lo anterior es indispensable afirmar que las actitudes, normas y costumbres de una comunidad, dependiendo si son tomadas en cuenta o no, se pueden constituir en elementos vitales que pueden servir de canales o incentivos a la participación, o bien pueden constituirse en obstáculos para ella.

Este factor parece particularmente relevante, si consideramos la fragmentación de la sociedad y la subvaloración, de la cual ha sido objeto la búsqueda de soluciones colectivas a los problemas comunes y de la participación como elemento clave para viabilizar el desarrollo.

2. LA PARTICIPACIÓN Y ORGANIZACIÓN

No obstante, ser parte del discurso teórico en forma constante, la participación es para muchos representantes públicos y especialistas razón de preocupación; por un lado, porque hay la presunción, de que darle mayor nivel de decisión a la población puede significar mayor desorden y por otro lado, puede implicar que esta demanda sea cada vez más preparada y técnica.

Ello implica, en caso de proyectos sociales, que lograr concretizar lo esbozado en el discurso teórico en evidencias prácticas, es sumamente complicado y muchas veces contradictorio. Esto se expresa, especialmente en comunidades rurales, en donde muchas veces, se puede «constatar» que existen actitudes individuales que «no posibilitan promover el cambio».

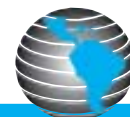
De allí entonces que, las organizaciones se constituyen en espacios de gran importancia que promueven la participación. Sin embargo y pese a existir un conjunto de organizaciones dentro de la comunidad rural, ya sean propias o creadas, en todos los casos se puede advertir una constante, muchas veces muy bien maquillada, de asumir una actitud pasiva o de ser asumida como objeto y no como sujeto. En este panorama promover la participación se convierte en una tarea compleja y muchas veces tediosa, que dependiendo de la organización local, ésta puede fortalecerse.

Siendo la organización la instancia social donde se dinamiza la participación, entendemos que «... las organizaciones existen porque a través de ellas resulta más eficiente la tarea de satisfacer las necesidades de las personas... Esto significa que, en vez de que cada persona busque por sí misma las vías de solución... puede existir un lugar para trabajar en conjunto... Ese lugar son las organizaciones»²

En consecuencia el respeto por las costumbres y particularidades de la

¹ Avendaño, Cecilia; Medina, Andrés & Pinedo, José (1996. Liderazgo y comunicación en la organización social» Pág. 45.

² Carla Frías Ortega, Organización y Participación – Pág. 5 – PNUD, Santiago de Chile 2000.



comunidad sumado al reconocimiento de la existencia de una organización local, permitirá al promotor o profesional de campo, un acercamiento y probable incorporación en un proceso que repercute en una mayor participación.

No obstante lo mencionado líneas arriba, es preciso indicar que son diversos motivos los que promueven la participación de la población. Esta participación, que por lo general, asumen una actitud pasiva o activa, dependiendo de los intereses y conveniencias que encierra, pueden ser por la:

- Existencia de un conjunto de necesidades a satisfacer.
- Creencia que las organizaciones en que se puede participar representan un modo efectivo para alcanzar las metas que tiene el individuo.
- Inexistencia de medios alternativos para satisfacer las mismas necesidades a un costo menor para el individuo.
- Predisposiciones generalizadas relevantes a la participación (actitud hacia participar y/o hacia quienes no lo hacen).
- Costos y beneficios percibidos de la participación.

En muchos de los casos, no todos los motivos confluyen en un solo proceso. De allí que es preciso que mediante un rol de **facilitador** el promotor o profesional de campo asuma el reto de involucrar a los actores sociales en forma plena, a fin de alcanzar los cambios que promueve y que espera lograr la organización.

Para tal efecto es imprescindible que se tenga una idea clara, de las características que debe tener un proceso de participación; esto significa que:

- Debe ser abierto y amplio.
- Debe ser y promover libertad.
- Debe de promover una cultura social de participar.
- Debe de ser revalorativo.
- Debe de redistribuir el poder.
- Debe generar consensos.

Un factor que sin dejar de ser importante no es muy relevante para el trabajo de promover la participación, desde nuestra perspectiva, es lo político. Ello en tanto es un factor que promueve una participación con ciertas consignas y que mas allá de unificar criterios muchas veces en las comunidades rurales, son espacios que desembocan en desunión y

enfrentamiento. Pese a ello, la libertad política es quizás una de las que permite consolidar mejor las demandas.

Es entonces que de acuerdo a las particularidades de la realidad rural, la participación no es un estado estable, sino un proceso constituido en varios momentos, durante los cuales los sujetos involucrados se forman y forman a otros en el manejo de conocimientos y destrezas que dependen de la naturaleza de la experiencia participativa.

Todo lo planteado conlleva reconocer que la participación es un proceso que implica mucha variabilidad, en función de los componentes que inciden en el contexto y momento en que este ocurre. «El proceso de participación se construye en función de la interacción que se establece entre las características del grupo que participa, la naturaleza del proyecto en que se involucra, el acceso y control de los recursos que se requiere y las condiciones políticas del ambiente hacia la participación»³

Esto nos exige a que a la participación no se la puede identificar con una determinada instancia, sino que definitivamente se la tiene que comprender como un **proceso**.

Entendida así, debemos tender en contrapartida a que este proceso no es entonces un elemento de carácter universal, sino una construcción social, por lo tanto, múltiple, sujeta a valores y circunstancias contextuales que existen en determinados momentos. Eso significa que no existe un modelo único de la participación, sino diversas formas que confluyen en un proceso.

Por consiguiente y en la perspectiva de lograr una mayor y mejor participación, ésta debe desarrollarse considerando algunas particularidades, tales como:

- **Debe ser voluntaria**, en tanto el imperativo de libertad es una razón para el individuo.
- **Debe ser responsable**, pues existe compromiso con la organización, así ésta se fortalece y puede representar a sus miembros.
- **Debe promover la libre determinación**, en tanto existan mecanismos adecuados para expresar sus necesidades.
- **Debe tener diferentes instancias**, que son utilizadas para plantear sus demandas.

- **Debe ser transparente**, por cuanto se maneja criterios de información y da a conocer las decisiones que se van tomando.
- **Debe ser reflexiva**, en tanto permite la posibilidad de influir en las decisiones de la comunidad.
- **Genera protagonismo**, mediante el liderazgo de los participantes que son responsables de su propio desarrollo.

3. FASES DE LA PARTICIPACIÓN Y SU IMPLICANCIA EN EL TRABAJO DE CAMPO

De manera general podemos constatar que la sociedad en la que vivimos tiene como característica inherente la complejidad, la población rural no es ajena a esta realidad. Pues también en ella conviven una amplia diversidad de valores, pluralidad de intereses, demandas sociales y en la que se establecen relaciones interdependientes de los diversos actores o agentes sociales políticos. Esta diversidad de aspectos traen consigo nuevas demandas, nuevos conflictos y obviamente nuevas rupturas sociales. En este sentido, es imprescindible promover nuevas formas y espacios de dialogo que permita la convivencia colectiva.

Tal como hemos señalado no existe un modelo único de participación, ya que caben diversas formulas y medios para ello, sin embargo es preciso señalar que éstas deben ser aplicadas a lo largo de todo el proceso, es decir, no solo en las fases decisionales, sino desde el inicio del proceso de participación. En este sentido todos los participantes en el proceso, incluido los profesionales, están comprometidos a aprender de los demás. Consecuentemente el promotor o técnico de campo, debe cumplir el rol de facilitar y dinamizador del proceso.

En este sentido, entender la participación como proceso, implica siempre tener presente que busca la concertación, la negociación y el pacto; esto conlleva a la posibilidad de lograr una gestión compartida. Para lograr ello, es imprescindible que el promotor o técnico de campo, previa a la constatación de un nivel organizativo local, pueda identificar las fases por la cual la participación se hace mas accesible y asegura la sostenibilidad desde el punto de vista social. Estas se pueden resumir en lo siguiente:

- **Sensibilización**, esta fase o etapa, es sumamente importante y parte

³ Ferran Camp, Iniciativa legislativa Popular 2001 – Pag. 12 – Madrid 1999.



de la constatación del nivel de organización y participación que tiene la población. Aquí se debe reconocer en forma muy clara la situación actual, problemas o riesgos potenciales que pueden convertirse en amenazas para la organización y el propósito que se persigue con el proyecto.

- **Motivación**, esta puede hacerse enviando mensajes claros respecto a los problemas y riesgos identificados en la fase anterior.

- **Información**, bajo el criterio de transparencia, es preciso que se suministre datos y conceptos válidos sobre los aspectos ignorados y/o mal manejados, que pueden ocasionar malas interpretaciones.

- **Educación**, esto se logra transfiriendo e intercambiando conocimientos (tecnologías) que promuevan buenos resultados del trabajo, así como de ir impartiendo buenos hábitos.

- **Consulta**, sobre la base de que el proceso participativo es horizontal, es imprescindible que se fomente un proceso de consultar los aspectos que tengan que ver con las acciones y avances, a fin de ir fomentando esta modalidad en la organización.

- **Decisión**, esta etapa exige de los todos los participantes un esfuerzo por definir las discusiones y consultas en acuerdos, lo que conlleva a fortalecer la capacidad de la toma de decisiones dentro de la organización.

- **Ejecución**, convirtiendo las decisiones en acciones que conduzcan a participar en los proyectos y sus diferentes etapas de ejecución, incluida la gestión de los servicios.

4. PARTICIPACIÓN Y ELECTRIFICACIÓN RURAL

Ahora bien, luego de conceptualizar y describir las particularidades de la participación veamos en términos más prácticos algunos aspectos circunscritos a la participación en proyectos de electrificación rural. Para ello vamos a tomar algunos criterios que se han asumido como aspectos conceptuales y los que considerando nuestra experiencia consideramos como asideros para llevar a cabo un buen proceso de participación social. Debemos señalar que el análisis, planteado aquí está referido, a proyectos de electrificación en base a Microcentrales Hidráulicas (MCHS).

A nivel del individuo o poblador rural, la falta de acceso a la electricidad, su nivel de pobreza, su aislamiento y su desinformación

respecto al cómo lograr concretizar un proyecto que pueda proveerle de la energía, hace que la participación, salvo algunos casos, tenga la característica de ser muy voluntaria y activa. Esta sin embargo expresa muchos aspectos generales, que se dan en las comunidades que pretenden o han llevado adelante un proyecto de electrificación rural.

De allí que, podríamos afirmar que la expectativa por contar con electricidad, en las comunidades aisladas ha cambiado. Esta hace algunos años, implicaba un gran anhelo, que era correspondido con una participación muy activa, especialmente en el proceso de construcción e implementación del servicio eléctrico; pero hace algunos años esto ha pasado a constituirse como un derecho que le asiste a la población rural. De acuerdo a esta última percepción, actualmente muchas comunidades, condicionan su participación a ciertos beneficios, no solo económicos por su participación, sino también políticos. En el primer caso ha conllevado a acentuar el paternalismo y en el segundo caso a incrementar el clientelismo. Pese a este cambio, contar con energía eléctrica sigue siendo una de las principales prioridades de las poblaciones rurales.

No obstante lo anterior, generalmente se concibe que todo proyecto, y no es la excepción el caso de la electrificación rural, que mediante la participación de la población se busca el involucramiento en todo el proyecto. Sin embargo, en muchos casos se ha podido identificar que esta «participación» solamente logra ser muy unilateral. Significando que el concepto, pese a ser importante ha sido, como lo hemos señalado en alguna parte de este artículo, soslayado y visto solamente como un mero componente de un proyecto; pero que presumiblemente no tenía repercusiones posteriores, por ejemplo en la administración y gestión del servicio.

«En relación al éxito global o fracaso de los proyectos de ER, muchos de los problemas ... están relacionados con los diseños inadecuados que pueden hacerlos fallar. Si bien este aspecto es clave en el sentido de que lleva hacia proyectos costosos y difíciles de manejar, otro conjunto de causas que hacen fallar los proyectos son los aspectos «institucionales», específicamente la organización que dirigirá el proyecto una vez que sea completado y que hará uso de las instalaciones y bienes, ...»⁴

4.1 La Participación como proceso en un proyecto de ER

Pese a lo investigado y constatado, actualmente aún existen proyectos que pretenden mejorar las condiciones de vida de las poblaciones con escasos recursos, a partir de la implementación de proyectos energéticos, asumiendo el concepto de participación en forma muy puntual y no como un proceso. De acuerdo a esto, se asume que se ha logrado la «participación» cuando la población brinda su apoyo para la evaluación del potencial energético y eventualmente para la gestión del financiamiento y si esto se efectiviza, con mano de obra para la implementación de todo el componente de infraestructura y equipamiento (por ejemplo en el caso de sistemas hidráulicos aislados).

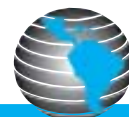
Esta concepción, que hasta más o menos por los años 80 seguía manejándose como si fuera una regla para el desarrollo de un sistema aislado, ha tenido muchas experiencias o sistemas que han significado tremendos fracasos. Es por ello que diversas evaluaciones de sistemas eléctricos aislados, han coincidido en expresar que los problemas no son en el aspecto técnico, sino fundamentalmente en la administración y gestión del servicio..

Esta constatación ha implicado que varias instituciones, entre ellas ITDG, preocupadas por el problema de la sostenibilidad han puesto en práctica varios mecanismos que han promovido una participación más integradora y que procura el empoderamiento de la población beneficiaria de sus proyectos. Esta experiencia se ha basado en los principios que se han descrito en acápites anteriores y partiendo de ello es que se ha logrado impulsar una participación mucho más comprometida con el cambio.

En este sentido, y de modo general, existen algunos criterios importantes que deben tomarse en cuenta, para impulsar la conjunción de los diferentes aspectos señalados en la perspectiva de lograr una participación activa de la población beneficiaria, en el caso de proyectos energéticos aislados. Estos son:

a) **La necesidad energética**, se debe promover y apoyar en la identificación de sus necesidades. De preferencia debe ser hecha por los mismos pobladores. Esta debe ser parte de las prioridades dentro de las demandas de la comunidad.

⁴ Michel del Buono, Teodoro Sánchez, Alfonso Carrasco, Memorias VII encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, Pág. 11 – 1997.



b) **El nivel organizativo**, sobre la base de su propia organización deben iniciar un proceso de diálogo, sobre las posibilidades y limitaciones que tienen para impulsar el desarrollo de proyecto. Mayores posibilidades de éxito tendrá una organización más consolidada, sin embargo los liderazgos y personalismos conllevan al conflicto.

c) **La agenda comunal**, de no ser parte de la agenda de debate por la asamblea comunal u organización, es imprescindible que el tema energético vaya formando parte del discurso local.

d) **Los liderazgos e intereses**, se debe de identificar al liderazgo que apoya el desarrollo del proyecto y su interés para ellos. Muchas veces el trasfondo de su interés es político. Sin dejar de ser importante, muchas veces conlleva a generar conflicto. Es importante evitar esta relación, a nivel de la comunidad.

e) **Las costumbres y formas de organización**, cada contexto presenta muchas veces formas muy particulares para expresar su participación. La cultura local, muchas veces no va en la «misma dirección» que promueve el promotor, es importante analizar la lógica de la organización local.

4.2 Las percepciones mas comunes de la participación en proyectos de ER

a) **La participación y los costos**. Uno de los criterios principales por el que se impulsa la participación social en proyectos de electrificación rural, por ejemplo en el caso de una MCH, es por el significativo aporte «económico» que hace la comunidad beneficiaria, a través de la mano de obra no calificada. Este modalidad de incentivar la participación es muy economicista y generalmente prioriza el análisis financiero, lo que contraviene con la promoción de la participación en forma mas integradora y con la perspectiva de fortalecer a la organización local.

Esta lógica de la participación como medio para aportar en la inversión de un proyecto, ha permitido la implementación de varios sistemas hidráulicos aislados y desde luego han funcionado y lograron cubrir una demanda, sin embargo cuando se debe iniciar la gestión del servicio, esta participación muchas veces juega en contra del buen manejo, porque no maneja criterios de calidad y gestión empresarial. Este tipo de participación, ha logrado la reducción de costos de la inversión, y se ha logrado básicamente incentivando a

formas de trabajo colectivo existentes en la comunidad como la minka, minga y republica, etc.

Sin embargo se ha podido constatar que el beneficiario es aportante de mano de obra traducido en «dinero» que servirá para la instalación del sistema, pero que en muchas veces este aporte significa conflictos, por ejemplo, al momento de hacer las conexiones domiciliarias. Pues algunos consideran que por su nivel de aporte al proyecto debe darles mayor cantidad de acometidas.

Sin desestimar que muchos especialistas señalan a este tipo de participación como muy importante, especialmente cuando se hace un análisis económico financiero; en la mayor parte de casos este no ha tenido mayor implicancia, en el fortalecimiento organizativo y consecuentemente en lograr una participación con mayores perspectivas. En este caso la sensibilización y motivación tuvo un objetivo, esto es económico. Se podría decir que en muchas instalaciones de MCHs, este ha sido «el principio del fin» pues existen instalaciones técnicamente impecables, pero administrativamente deficientes.

b) **La participación y la propiedad**. Es común ver que los beneficiarios, luego de la implementación del sistema y puesta en funcionamiento el servicio, definen que por su aporte el sistema en su conjunto es de su «propiedad». Esta lógica a sido apoyada en gran medida por el Estado, a través de algunos programas de electrificación rural. Sin embargo este tipo de participación que conlleva a definir la propiedad para la comunidad, mas que afirmar el fortalecimiento organizacional, ha significado la aparición de liderazgos locales, que haciendo alarde de su condición de propietario definen por si solos la forma como se debe utilizar la energía, gestión y consumo.

Generalmente donde no existe una organización fortalecida o es de forma comunal, entonces la participación mayoritaria de los beneficiarios, la propiedad de la microcentral se distribuye entre todos los que aportaron en la gestión del proyecto y en la construcción, de tal suerte que todos se consideran con el derecho de utilizar el servicio como lo consideren conveniente, puesto que es «dueño» y por tanto, nadie le impide que por ejemplo en la casa utilicen artefactos de alto wattaje. Sin embargo la propiedad es solo relativa pues casi en su totalidad

no cuentan con documentos que ratifiquen esta propiedad.

Es entonces que ver de esta manera a la participación ha conllevado a que los sistemas expresen un mayor deterioro y en algunos casos han colapsado a los pocos años de iniciada su operación. Asimismo esto ocasiona un problema legal con otras instituciones como son los Gobiernos Locales, siendo estos últimos los que están llamados a realizar aportes para acciones de operación y mantenimiento.

c) **La participación y la tarifa**. Quizás éste es un aspecto muy poco trabajado, o en todo caso asumido muy rápidamente, sin un análisis técnico – económico previo, lo que conlleva a implementar la famosa «**tarifa única**», la cual obviamente es asumida sobre la base del nivel de participación de la comunidad en el proceso de instalación del sistema.

Si bien es cierto, uno de los factores que se discute en proyectos de electrificación rural, es el subsidio vía inversión, tarifas, etc; éste tema es muy poco conocido por las comunidades campesinas. Por lo que es imprescindible que se implemente asistencia técnica en este tema, a fin de ir promoviendo una actitud favorable en la intención de pago que tiene el futuro usuario.

Pero la cuestión aquí radica, en que los beneficiarios muchas veces, asumiendo su buena participación o aporte, definen que tienen libertad para usar la energía de la manera y en cantidades que desean. Es decir a mas tareaje, mayor cantidad de energía en casa. Este problema ocasiona fallas técnica, entre otros. se agudizan los problemas aun mas, en los casos donde no se instalan medidores.

Por lo general, una vez que las comunidades asumen la «propiedad» y luego inician a distribuir la energía en cada vivienda, llegan al punto donde tienen que determinar el costo por el consumo de energía; esto finalmente es asumido solo tomando en cuenta, que de acuerdo al nivel de participación realizada, les corresponde una pago menor por el consumo. Esto sienta las bases para un manejo colectivo de la energía, lo cual no esta mal, pero esta definición no se hace en base al costo de la operación y el mantenimiento, sino mas bien toda la población que participó en la construcción, mediante la asamblea del pueblo y apoyada por la **cultura del no pago**, se establece una decisión de no pagar o en todo caso una tarifa única.



En tal sentido es imprescindible que los trabajos, denominados fases en este documento; estamos hablando de la información, educación y consulta deben ser parte del trabajo que se debe emprender a fin de ir consolidando una participación con instrumentos de gestión empresarial mal allá de la construcción de la infraestructura. Es decir impulsar una conducta de cambio hacia una **«cultura empresarial»**.

d) La participación y la gestión. En concordancia con lo descrito en el acápite anterior, asumir que de acuerdo al nivel de participación se defina aspectos que tienen implicancia directa con la administración y gestión del servicio, una vez iniciado el funcionamiento, es realmente descabellado. Pues el trabajo técnico realizado en el diseño, bajo esta modalidad estaría sentenciado a colapsar en un corto o mediano plazo.

Ello significa entonces que en este caso la participación no ha devenido en un proceso que permita fortalecer la consulta y la toma de decisiones. Pues finalmente esta decisión estaría muy impregnada de paternalismo, lo que conlleva a que generalmente estos sistemas se manejen con un tipo de administración comunal, en donde «todo es de todos y a la vez es de nadie». Es decir es mi propiedad pero en la medida que tengo que aportar para su mantenimiento, eso pasa a ser responsabilidad de la junta directiva o comité de electrificación.

La gestión empresarial en este tipo de casos, no esta presente, lo que permite que mediante la instalación de comités de administración o electrificación, esto tenga tendencias a ser muy débil en el manejo económico y técnico.

e) La participación y la organización. Como hemos sostenido aquí, es imprescindible que un proceso de participación sea generador de consensos y por lo tanto debe conllevar a fortalecer la organización. Si bien es cierto lograr una participación activa en el proyecto, no solo

en la instalación de la infraestructura, sino mas allá; en la gestión y administración, se constituye en el objetivo central de un trajo organizativo, es muy común considerar que organizando un comité de electrificación u otro tipo de organización equivalente se esta impulsando una mayor organización. Lo cual puede ser muy relativo, si es que esta participación es solo en alguna etapa del proyecto.

Un aspecto importante que se debe impulsar con la organización es la toma de decisiones mediante la redistribución del poder. Es decir deben estar bien descritos las obligaciones, deberes y derechos que le asiste a la organización, a los usuarios, así como a las autoridades que se involucran en una participación como proceso. Aquí cumplen un rol importante los Gobiernos Locales, pues son las organizaciones que tienen mayores instrumentos legales, económicos y políticos que pueden hacer posible que el proceso participativo, conlleve a una consolidación organizativa.

Es imprescindible entonces, desarrollar procesos de participación que propendan el fortalecimiento organizacional, desde una perspectiva de gestión empresarial. Esto significa que las diferentes fases o procesos ejecutados en el proceso de un sistema de generación aislada, deben ser parte del desarrollo del proyecto. De otra manera seguiremos cayendo en el enfoque de decirnos «participativos» cuando en realidad lo que estamos haciendo es que la comunidad solamente apoye las ideas de los especialistas, que muchas veces mas que solucionar problemas y mejorar las condiciones de vida, sumergen a las comunidades en conflictos sociales, que se convierten posteriormente en obstáculos para el desarrollo .

5. BALANCE

- La participación representa un componente esencial de la realización humana, permite satisfacer inquietudes personales, como también reivindicar necesidades.

- La participación debe ser vista como un proceso, y no como algo estático. Este proceso permitirá a las personas involucradas desarrollar nuevas habilidades y capacidades.

- La participación debe estar encaminada a dotar a los ciudadanos de la capacidad de decisión, de tener poder y saberlo manejar.

- Es imprescindible que para el caso de los proyectos de electrificación con Micro y Minicentrales hidráulicas, se deba promover una participación integradora, es decir en el diseño, implementación y gestión del servicio.

- La participación, en el caso de servicios eléctricos aislados debe de estar dotadas de instrumentos que promuevan la gestión empresarial.

Mayor información:

*Rafael Escobar
rescobar@itdg.com
ITDG - ENISER*

IMPRESSUM

HIDRORED es una revista internacional para la divulgación de información sobre técnicas y experiencias en microhidroenergía. HIDRORED es publicada dos veces al año por el Programa de Energía, Infraestructura y Servicios Básicos de ITDG-Perú.

Comité Editorial

Teodoro Sánchez, ITDG-Perú
Walter Canedo, CINER-Bolivia
Carlos Bonifetti, MTF-Chile
Mauricio Gnecco, FDTA-Colombia

Corresponsales

Argentina (Misiones):
Jorge Senn, Orlando Audisio
Bolivia (Cochabamba):
Walter Canedo
Colombia (Villavicencio):
Mauricio Gnecco
Ecuador (Quito):
Milton Balseca
Honduras (Comayagüela):
Jorge F. Rivera
Perú (Lima):
Teodoro Sánchez

Editores

Programa de Energía, Infraestructura y Servicios Básicos de ITDG-Perú.
Av. Jorge Chávez 275, Lima 18 - Perú
Telf. (511) 447-5127
4467-324 444-7055
Fax (511) 446-6621
E-mail: energia@itdg.org.pe
www.itdg.org.pe

Coordinación

Saúl Ramírez

Producción

Carol Herrera Giurfa

Diagramación e Impresión

Carlos Sencebé

El comité editorial no se responsabiliza por el contenido de los artículos



ITDG es un organismo de cooperación técnica internacional que contribuye al desarrollo sostenible de poblaciones de menores recursos mediante la investigación, aplicación y difusión de tecnologías apropiadas. En el mundo, ITDG tiene oficinas en ocho países de África, Asia, Europa y América Latina. En el Perú, trabaja a través de sus programas de Energía, Infraestructura y Servicios Básicos; Sistemas de Producción y Acceso a Mercados; Prevención de Desastres y Nuevas Tecnologías.