
BOLETIN ENERGETICO



Organización Latinoamericana
de Energía

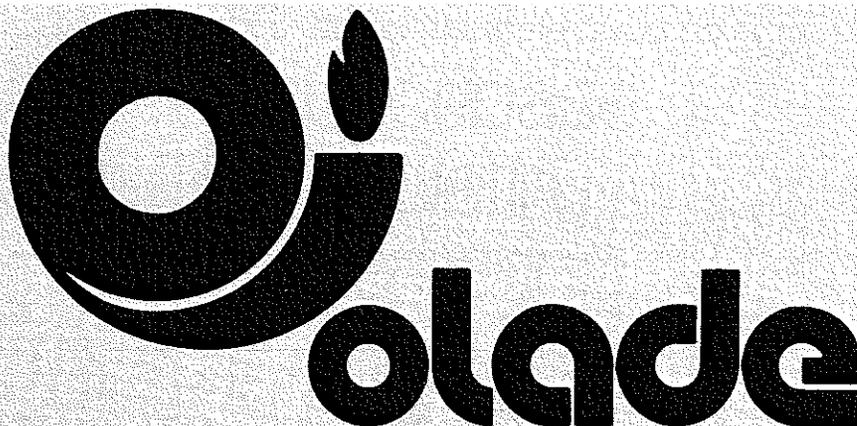
202/1

SEPTIEMBRE/OCTUBRE, 1981

HACIA UNA IMPLEMENTACION REGIONAL LATINOAMERICANA DEL PROGRAMA DE ACCION DE NAIROBI **olade**
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS **olade** POTENCIAL GEOTERMICO EN AMERICA LATINA **olade** EL VIENTO COMO ALTERNATIVA ENERGETICA EN AMERICA LATINA **olade** BIOGAS Y DESARROLLO EN AMERICA LATINA

22

BOLETIN ENERGETICO
SEPTIEMBRE OCTUBRE, 1981
ORGANO DE
DIVULGACION TECNICA



PUBLICACION DE LA ORGANIZACION
LATINOAMERICANA DE ENERGIA (OLADE)

- 5 EDITORIAL
- 7 HACIA UNA IMPLEMENTACION REGIONAL LATINOAMERICANA DEL PROGRAMA DE ACCION DE NAIROBI. *grafs* 130
- 15 PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS. 131
- 27 POTENCIAL GEOTERMICO EN AMERICA LATINA. *maps, grafs, diagrs* 132
- 37 EL VIENTO COMO ALTERNATIVA ENERGETICA EN AMERICA LATINA. *grafs, diagrs, maps* 133
- 61 BIOGAS Y DESARROLLO EN AMERICA LATINA. *tbls, grafs* 134



Los artículos firmados son de la exclusiva responsabilidad de sus autores y no expresan, necesariamente, la posición oficial de la Secretaría Permanente. Toda colaboración deberá ser dirigida a la oficina del Coordinador de Relaciones Públicas, Información y Difusión: OLADE: Casilla 6413 C.C.I., Quito, Ecuador.

EDITORIAL

El presente año pudiera ser llamado el año de las energías nuevas y renovables, ya que la atención del mundo energético se centró en los preparativos del foro mundial más importante sobre este tema: La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes Nuevas y Renovables de Energía, que se celebrara en Nairobi - Kenya en agosto pasado.

La demanda energética del que podemos llamar mundo consumidor de energía esto es, aquel sector de la población mundial que por sus ingresos se permite la dependencia hacia los hidrocarburos (muchas veces no sólo para satisfacer sus necesidades básicas sino que, lamentablemente, la mayoría de las veces para exhibir gran despilfarro) está en desacuerdo con una estabilidad social y económica deseada y, buscada especialmente por los países del llamado Tercer Mundo.

Quedó demostrado, según datos exhibidos por OLADE en su Boletín Energético N° 16, que la participación de las energías nuevas y renovables en la oferta energética global es marginal; éstas incluyen desde hidroenergía, que es fuente llamada convencional y, hasta el otro extremo la leña y el carbón vegetal, que a través de los siglos ha sido fuente convencional y en nuestros países en desarrollo lo sigue siendo, pero ignorada ante la ausencia de una planificación energética adecuada; y entre esos dos extremos, fuentes de menor incidencia como el biogas, las pequeñas caídas de agua, la energía eólica u otras con más potencialidad como la geotermia no han sido desarrolladas no por desconocerse su existencia, sino que el esquema energético existente, dependiente en la casi totalidad del petróleo, las excluía prácticamente de la oferta energética.

Por otro lado la energía solar, que los países industrializados insisten en llamar fuente gratuita de energía y que la presentan como solución del problema energético del Tercer Mundo, debe verse no sólo a mucho más largo plazo sino con gran cuidado porque detrás de esos slogans va acompañada la más grande dependencia tecnológica, que ésta es gratuita y que sin ella el aprovechamiento de la energía solar es prácticamente nulo.

Dentro de este espectro, OLADE ha iniciado acciones tendientes a un aprovechamiento integral de gran número de fuentes identificadas por la Conferencia de Naciones Unidas dentro del grupo de energía nueva y renovable, el criterio de prioridad se fundamenta en la accesible tecnología y la disponibilidad de recursos energéticos y humanos en la región que hagan factible en corto plazo, un aprovechamiento masivo de estos recursos en un marco de cooperación regional y dentro de un plan energético adecuado.

OLADE participó activamente en los preparativos de la Conferencia de Nairobi y en ella se reconocieron sus trabajos, de los cuales aquí se hace una breve descripción.

GUSTAVO RODRIGUEZ ELIZARRAS

HACIA UNA IMPLEMENTACION REGIONAL LATINOAMERICANA DEL PROGRAMA DE ACCION DE NAIROBI

DR. GUSTAVO BEST*

* Asistente del Secretario General de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables.

INTRODUCCION

La Asamblea General de las Naciones Unidas a la Conferencia sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables, celebrada del 10 al 21 de agosto de 1981 de Nairobi, Kenya, con el objetivo central de elaborar medidas para una acción concertada encaminadas a promover el aprovechamiento y la utilización de estas fuentes de energía "con miras a contribuir a satisfacer las futuras necesidades globales de energía, especialmente las de los países en desarrollo, en particular en el contexto de los esfuerzos destinados a acelerar el desarrollo de dichos países 1/.

La comunidad internacional, al lanzar esta iniciativa, resaltaba así el carácter internacional de la problemática energética y puntualizaba la necesidad urgente de promover un nuevo panorama energético mundial en el cual se contemplara una diversificación de las fuentes primarias de energía. Esta pluralización energética será resultado de un proceso de transición continuado y que deberá ser uno basado en esfuerzos concientes, programados y propiciado por decisiones sólidamente fundamentadas, si se ha de evitar el caos en la balanza de oferta/demanda que potencialmente amenaza a la comunidad internacional.

Es un hecho reconocido que esta transición energética está ya ocurriendo y el desafío para la humanidad es lograr que este proceso ocurra y resulte en una forma pacífica, ordenada y justa.

Siendo un tema de carácter multifacético, tanto en su naturaleza misma como en su relación con los parámetros de dimensión política económica y social, la Conferencia fue preparada durante casi dos años previos a su celebración. Esta preparación consistió en una serie de acciones dirigidas a sentar las bases técnicas, económicas y sociales, así como de establecer la plataforma de filosofía política bajo la cual se llevaran a cabo las deliberaciones y negociaciones. Se trataba de la primera vez que toda la comunidad internacional se abocaría a discutir el tema de la transición energética; se trataba de un ejercicio obviamente complejo y delicado. Los preparatorios estuvieron también dirigidos a atraer y fortalecer la voluntad política de los países miembros para garantizar que las deliberaciones se llevarán a cabo en una atmósfera de colaboración y de búsqueda de soluciones a problemas comunes de la humanidad.

Preparativos Regionales

Los preparativos para la Conferencia consistieron en una variedad de actividades a nivel internacional, regional y nacional. La CEPAL y la OLADE participaron activamente en los esfuerzos de preparación internacional, sirviendo de eslabón entre éstos

1/ Asamblea General de las Naciones Unidas A/RES/33/148, 20 diciembre de 1978.

y los de nivel regional que son descritos en detalle a continuación.

Uno de los pilares principales en la preparación de la Conferencia y en la implementación de sus resultados es la dimensión regional, ya que es a este nivel que se tienen los elementos óptimos para dirigir la colaboración internacional hacia el fortalecimiento de las acciones a nivel nacional. Asimismo se tienen en las diferentes regiones las herramientas institucionales que permiten la acción concertada a través de mecanismos existentes. En el caso de América Latina se dispone de la OLADE, valiosísimo marco institucional para instrumentar la cooperación regional.

La CEPAL en constante y estrecha colaboración con la OLADE ensabló y llevó a cabo un programa de actividades regionales dirigidas a fortalecer la posición tanto a nivel nacional como regional a ser canalizadas a la Conferencia. El enfoque de CEPAL y OLADE consistió en actuar en varios frentes los cuales en conjunto darían las bases para formular un plan de acción regional en materia de fuentes de energía nuevas y renovables.

Por un lado, el establecimiento por parte de los países latinoamericanos de organismos de enlace o centro focales con la Secretaría de la Conferencia, con CEPAL y OLADE fue promovido a través de misiones que tenían por objeto además proporcionar información y asistencia técnica e iniciar la identificación de actividades prioritarias en la región durante el proceso preparatorio. La asistencia técnica de CEPAL y OLADE durante el proceso preparatorio fue en forma constante y dirigida a colaborar en la formulación de documentos nacionales en países que así lo solicitaron o en temas técnicos específicos. Varias solicitudes de asistencia técnica fueron cubiertas por personal especializado tanto de la región como de otras regiones. En 1980 se formuló y distribuyó a todos los países de la región un documento informal denominado "Guía metodológica para el proceso preparatorio regional", el cual sugería acciones nacionales que dentro del contexto de los prepa-

rativos para la Conferencia facilitaba la canalización de las posiciones nacionales hacia un planteamiento regional. En relación a la parte más concreta de acción, en base a consultas con los gobiernos de la región se formularon una serie de documentos regionales que señalan el grado de conocimiento de los recursos energéticos nuevos y renovables, sus potenciales de utilización y acciones identificadas para promover su aplicación.

Los documentos preparados fueron los siguientes

- | | |
|---|----------------------------------|
| — Biogas | Por OLADE |
| — Geotermia | " |
| — Hidroelectricidad | " |
| — Pequeñas Centrales Hidroeléctricas | " |
| — Energía Eólica | " |
| — Energía solar | Por expertos mexicanos |
| — Esquistos | Por expertos brasileños |
| — Turba | " |
| — Leña y Carbón Vegetal | Por expertos de Nicaragua |
| — Potencial Energético de la Caña de Azúcar | Por expertos cubanos |

Se organizaron tres reuniones técnicas con expertos regionales en los siguientes temas considerados prioritarios:

— **Leña y Carbón Vegetal: Su incorporación a la Planificación y a la Política Energética.**

Sede : Nicaragua
 Coorganizadores: I N E
 I. Recursos Naturales de Nicaragua.
 Aportaciones de FAO y PNUMA

— **Energía Hidroeléctrica: Alternativas Energética y Desafío Industrial para América Latina.**

Sede : Ecuador
 Coorganizador: OLADE

— **Criterios de Evaluación de Financiamiento e Investigación en fuentes de energía nuevas y renovables.**

Sede : Barbados
Coorganizadores: Banco de Desarrollo del Caribe
Banco Interamericano de Desarrollo.
Banco Mundial
Organización de Estados Americanos.

Es importante señalar que la formulación de los documentos referidos y las reuniones técnicas regionales constituyeron un paso muy importante hacia el entendimiento del potencial de las fuentes de energía nuevas y renovables en la región y representan un acervo valiosísimo hacia la identificación de programas regionales. Las visitas a otros países por los consultores a cargo de la formulación de los documentos citados ayudaron enormemente a la identificación de elementos de colaboración regional.

Con respecto al área de información en la región, se organizó en la ciudad de México un seminario para periodistas en el cual participaron alrededor de 25 periodistas de América Latina invitados específicamente al seminario, en el cual se discutieron medidas para fortalecer el contacto entre el personal de los medios de difusión y el personal e instituciones que trabajan en el campo de la energía.

A lo largo de la preparación regional de la Conferencia se desarrolló y aplicó una metodología general relativa tanto a los niveles de política como de programas específicos. Esta metodología puede resumirse en los siguientes puntos principales. Primero el desarrollo de las fuentes nuevas y renovables debe ser visto siempre dentro del contexto del desarrollo energético general del país. Asimismo, el problema de energía no es un tema aislable, no es tarea de un sólo sector, sino por supuesto es un problema que se da en el contexto más general del desarrollo socio-económico y político de cada país. En segundo lugar el potencial que tiene una fuente

nueva y renovable debe ser concebido como una resultante de la interacción de tres elementos que son los **recursos** de estas fuentes, los **requerimientos** o demandas de energía que tenga cada sector de actividad (uso-final) y las **tecnologías** disponibles o en estudio, mediante las cuales puedan hacerse corresponder las necesidades con los recursos. Durante el proceso preparatorio, el potencial de las fuentes nuevas y renovables fue mirado no sólo como factor técnico, sino en la perspectiva de grandes objetivos nacionales como la autodeterminación nacional y la seguridad de abastecimiento energético, el crecimiento económico, el mejoramiento de la calidad de vida de la población y la protección de los recursos naturales y el medio ambiente. Visto desde esta perspectiva el potencial energético de las fuentes nuevas y renovables y su evaluación pueden enriquecer enormemente la planificación de energía y servir para orientar los programas de desarrollo energético que cada gobierno vaya a emprender.

En base al trabajo regional preparatorio descrito, CEPAL en íntima colaboración con OLADE formuló un borrador de Plan Regional de Acción en Materia de Fuentes de Energía Nuevas y Renovables, el cual fue presentado a los países miembros de CEPAL en la Reunión Regional Preparatoria de la Conferencia que se llevó a cabo a nivel ministerial en la Ciudad de México los días 19 y 20 de marzo de 1981.

La Reunión Regional aprobó un documento final que es el Plan de Acción Regional en Materia de Fuentes de Energía Nuevas y Renovables que fue circulado en el Comité Preparatorio de la Conferencia y en la Conferencia misma.

El Plan de Acción referido se plantea bajo el amplio contexto de los problemas actuales de energía y desarrollo económico-social de América Latina. Analiza la potencialidad para el aprovechamiento y la utilización de las fuentes de energía nuevas y renovables y se orienta hacia el logro de la aplicación masiva de aquellas que hayan alcanzado cierto grado de madurez. El documento señala un conjunto de actividades para ser emprendidas en los ámbitos

nacional, subregional, regional y mundial, dirigidas **simultáneamente**, a propiciar las condiciones que se sugieren para un rápido y eficiente aprovechamiento de la potencialidad de las fuentes de energía nuevas y renovables, y sugiere la implementación de programas integrales como mecanismo óptimo para el logro de los objetivos, entendiéndose como integral aquel programa que contiene **todos** los elementos necesarios desde investigación y desarrollo hasta industrialización.

El Plan de Acción Regional identifica los siguientes programas regionales básicos:

Programa de Planificación Energética
Programa de Información y Difusión
Programa de Capacitación
y los siguientes integrales:
Programa de Aprovechamiento Hidroeléctrico
Programa de Leña y Carbón Vegetal
Programa de Producción de Combustibles líquidos
Programa de Energía Solar
Programa de Residuos Vegetales y Eficiencia Energética para la Agro-industria.
Programa de Energía Geotérmica
Programa de Biogás
Programa de Energía Eólica

LA CONFERENCIA - El Programa de Acción de Nairobi

Los preparativos internacionales, regionales, nacionales, institucionales y organizacionales confluyeron en Nairobi para discutir y eventualmente adoptar el Programa de Acción de Nairobi y diversas resoluciones relacionadas a su implementación. El altísimo nivel de participación política presente en la Conferencia (5 jefes de Estado y más de 100 representantes a nivel ministerial), resultado de la movilización política previa, la participación activa de más de 300 especialistas en los temas de la Conferencia, más de 50 representantes de organismos internacionales y regionales y más de 800 representantes de organismos no gubernamentales le dieron

a la Conferencia las características de evento histórico - político y de congreso científico tecnológico en paralelo.

El Programa de Acción emanado de la Conferencia y adoptado por consenso es el primer paso de un ejercicio internacional dirigido hacia la ubicación realista de las fuentes de energía nuevas y renovables bajo el contexto de la problemática energética global.

En sus diversos capítulos trata:

- La transición energética
- El marco para la acción a nivel nacional
- Los objetivos
- Medidas para la acción concertada
- Medidas de política
- Medidas específicas
- Implementación
- Areas de acción prioritarias
- Arreglos institucionales
- Movilización de recursos financieros

La conceptualización del problema energético en el momento histórico actual y en la percepción del futuro relaciona el tema con ámbitos más amplios como lo son el Nuevo Orden Económico Internacional y las Negociaciones Globales. Entre las más interesantes frases contenidas en el documento en este contexto se pueden destacar las siguientes:

“La transición energética deberá estar basada en modalidades tecnológicas, comerciales, financieras y monetarias consistentes con la determinación de los gobiernos para establecer un Nuevo Orden Económico Internacional, para acelerar el desarrollo y para promover un equilibrado desarrollo global”

“Para facilitar la transición energética, debe ponerse en marcha un proceso que asegure la más eficiente identificación, exploración, evaluación, desarrollo y utilización de los recursos energéticos, incluyendo las fuentes nuevas y re-

novables.

En este contexto, la potencialidad de las fuentes nuevas y renovables debe ser considerado como una variable dinámica, que tenderá a incrementarse con el refinamiento, el desarrollo y la popularización de tecnologías".

En el capítulo dedicado a las medidas para acción concertada, el Programa de Nairobi define como el marco de medidas de política para la acción las siguientes:

- Evaluación y planificación energética
- Investigación, desarrollo y demostración
- Trasferencia, adaptación y aplicación de tecnologías maduras.
- Flujos de información.
- Educación y capacitación.

En lo que se refiere a medidas específicas, el Programa presenta las acciones necesarias, para cada una de las fuentes de energía consideradas por la Conferencia. Es en este capítulo donde partiendo del estado de avance tecnológico y basándose en el acervo de conocimientos canalizado durante el proceso preparatorio y en el diálogo técnico en Nairobi se identifican las acciones necesarias para impulsar la participación de estas fuentes en el mosaico energético mundial. Las características propias de cada fuente, tanto del punto de vista de su manifestación como de su uso potencial crean una gran variedad de posibles rutas de acción.

En base al "paquete" de acciones definido, el Programa de Acción de Nairobi sigue entonces un proceso convergente en el cual identifica las áreas de acción prioritarias y llama a la formulación y el lanzamiento urgente de programas y proyectos, como primer paso en la implementación del Programa de Nairobi. Algunos de éstos se presentan a continuación.

Evaluación de recursos y planificación energética

- Cooperación internacional hacia la formulación de programas de energía nacionales con la meta

de lograr que los países tengan esta década si así lo desean la formulación de sus estrategias energéticas.

Investigación desarrollo y demostración

SECTOR RURAL:

- Identificación de plantas de rápido crecimiento
- Desarrollo de alternativas al uso de la leña, basadas en otras fuentes nuevas y renovables (FENR)
- Desarrollo de estufas y convertidores de carbón más eficientes
- Desarrollo de gasificadores y procesos termoquímicos
- Desarrollo de tecnologías para la cosecha, preservación y procesamiento de alimentos basados en FENR.

SECTOR URBANO E INDUSTRIAL:

- Intensificación de la investigación de tecnologías solares, producción de combustibles a partir de la biomasa y en las áreas de desarrollo de uso múltiple de los recursos hidráulicos y geotérmicos así como del almacenamiento de energía.

Transferencia, adaptación y aplicación de tecnologías modernas

- Establecimiento de centros nacionales, sub-regionales y regionales
- Aumentar en cinco veces el régimen de reforestación actual para cubrir eficazmente la demanda de biomasa para el año 2000.
- Expansión de la utilización de los recursos hidráulicos y geotérmicos, así como de las aplicaciones activas y pasivas de la energía solar.
- Promover el uso energético de los desechos urbanos e industriales.

Información, educación y capacitación

- Designación de puntos focales nacionales sub-regionales y regionales
- Programas de entrenamiento para planificadores, ingenieros, técnicos e investigadores
- Promover redes de información integrados a niveles nacionales, sub-regional y regional.

Implementación y evaluación

La implementación del Programa de Acción de Nairobi está basada en el arranque de una serie de acciones que conforman un **sistema** de operación. Se cuenta, por un lado, con un órgano político intergubernamental cuyas características fueron definidas en Nairobi y que servirá tanto de guía como de foro permanente para el tema. Será un cuerpo internacional servido por una secretaría que revisará periódicamente y modificará pertinentemente el Programa. Será asimismo el moderador y sensibilizador de la problemática política del tema de las fuentes de energía nuevas y renovables en relación a la transición energética. Durante la primera parte de 1982 se reunirá este comité intergubernamental para avanzar hacia su definición permanente y hacia el lanzamiento de acciones y programas específicos. Por otro lado, la Conferencia hizo un fuerte llamado para la coordinación del sistema de las Naciones Unidas en este tema y define que, bajo una operación básicamente descentralizada, los diferentes órganos y agencias sean coordinados por el Director General para Desarrollo y Cooperación Económica Internacional. Se están poniendo en marcha acciones concretas a este efecto. La multitud de programas actuales y futuros en el área de energía, llevados a cabo, o planeados por el sistema ONU, están siendo analizados a la luz del Programa de Nairobi.

Componente regional para la implementación - OLADE y el Programa de Nairobi

Durante todo el proceso preparatorio, durante la Conferencia misma y en las negociaciones y de-

finiciones para la implementación del Programa de Nairobi, ha sido resaltada la componente regional como elemento principal de la cooperación internacional.

Entre las acciones prioritarias en este renglón, el Programa identifica las siguientes:

- Apoyo a programas regionales relacionados a la evaluación de los recursos, investigación, desarrollo y demostración, entrenamiento, planificación e identificación de proyectos.
- Llamado al establecimiento de cuerpos intergubernamentales en el tema de la energía donde aún no existan.
- Fortalecimiento de instituciones especializadas regionales.
- Fortalecimiento/establecimiento de redes de información regionales que podrían conectarse a sistemas internacionales.
- Organización de actividades de investigación a nivel regional.
- Proyectos de demostración regional.
- Actividades de preinversión dirigidos a la implementación acelerada de FENR.

Apoyo a los esfuerzos regionales dirigidos a la transferencia y difusión de tecnologías.

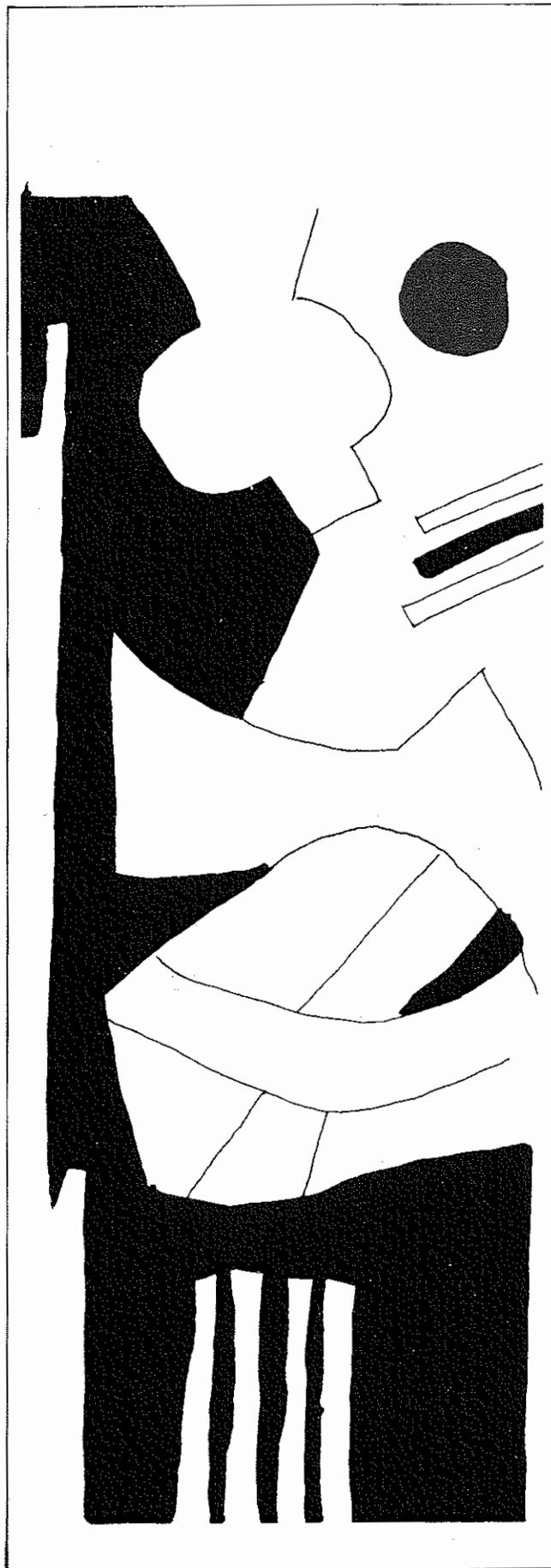
- Actividades dirigidas a la producción de bienes de capital relacionadas a la industria de la energía.
- Organización de reuniones técnicas, seminarios y conferencias.

El carácter regional de la implementación se ve facilitado en el caso latino-americano por contarse con el organismo idóneo para llevarla a cabo la OLADE. El Programa de Nairobi, al señalar su relación con otros cuerpos intergubernamentales hace un llamado a la activa participación de éstos en su implementación, por medio de la identificación de actividades en marcha o planeados por éstos a la luz de aquellas señaladas en el Programa. Por otro lado, los países latino-americanos presentes en la Conferencia ratificaron su posición planteada en la Reunión Preparatoria de México y adoptaron una reso-

lución en la cual, haciendo referencia a la Declaración de San José, al Convenio de Lima y al Programa Latino - americano de Cooperación Energética —PLACE— hacen un llamado a los órganos e instituciones de las Naciones Unidas, a la comunidad internacional y a los gobiernos a dar apoyo efectivo, financiero y técnico, para el desarrollo de las FENR en América Latina.

Durante los próximos meses, se deberán tomar los pasos, para retroalimentar el Programa Latinoamericano de Cooperación Energética y el Programa de Acción de Nairobi a manera de lograr su interacción óptima.

Seguramente la larga tradición de cooperación económica regional en América Latina se verá enriquecida con el Programa de Nairobi y asimismo aquella ayudará a garantizar una implementación efectiva de este primer paso de la comunidad internacional.



PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS

Dada la necesidad de impulsar el desarrollo del medio rural y de las zonas apartadas en la mayor parte de los países del tercer mundo y ante las crecientes dificultades asociadas con el suministro y precios del petróleo, es necesario movilizar recursos y potencialidades disponibles para suministrar adecuadas cantidades de energía que contribuyan a elevar la productividad y generar mejores condiciones de vida para un amplio sector de la humanidad.

De aquí se desprende que si se quiere el desarrollo armónico de la región, es necesario establecer un modelo de aprovechamiento energético que ponga en juego la potencialidad de todos sus recursos disponibles.

El presente documento trata de mostrar que las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (P.C.H.) pueden contribuir a la solución de los problemas energéticos del medio rural y en las zonas aisladas de nuestros países.

1. Evaluación de Recursos y Demanda

América Latina, por sus favorables condiciones climaticogeográficas, posee un potencial altamente significativo de recursos hídricos inexplorados y no cuantificados, encontrándose así el aprovechamiento de estos recursos en su primera etapa de desarrollo, orientado en la mayoría de los países a grandes proyectos tendientes a satisfacer las demandas de energía de grandes concentraciones humanas y concu-

rrentes a los sistemas de interconexión nacional, frecuentemente dejando sin posibilidades de suministro de energía a las zonas rurales alejadas, en razón de sus reducidas demandas, dificultades de acceso y grandes distancias con respecto a los principales centros de consumo.

A modo de ilustración, se estima que los países de la región en su conjunto sólo utilizan el 7% de su potencial hidroenergético aprovechable en gran escala. En el caso de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, definidas por OLADE como aquellas con potencias instaladas inferiores a 5000Kw, se desconoce el potencial disponible pero se puede afirmar que los índices de aprovechamiento de recursos hídricos en pequeña escala son considerablemente menores.

Si bien en América Latina se han realizado significativas acciones para el aprovechamiento hidroenergético en pequeña escala, en general se ha carecido de un enfoque integral y planificado a largo plazo, promoviéndose proyectos específicos no ubicados en el contexto de una evaluación integral de los recursos hídricos disponibles a nivel de cuencas y sub-cuencas. Sin embargo, en los últimos años algunos países han iniciado sus programas de desarrollo de P.C.H. asociados con acciones de evaluación integral recursos/demanda, entre estos merecen destacarse los esfuerzos que están realizando Brasil, Colombia, Cuba, Ecuador, Panamá y Perú.

En el contexto del Programa Regional de P.C.H. de OLADE se han elaborado metodologías de pla-

neamiento y evaluación de recursos y demanda energética en el medio rural, a fin de asistir a los países miembros en la planificación del desarrollo de P.C.H. en forma sistemática.

En los programas trazados se ha considerado que las evaluaciones globales se orientan al estudio de los recursos y demanda por microregiones y cuencas y no profundizan los estudios de proyectos específicos. Al considerar el desarrollo de P.C.H. en microregiones o localidades aisladas, no debe olvidarse que la evaluación global de la demanda de energía y los recursos están vinculados estrechamente en términos geográficos, en razón de las limitaciones de distancia de transmisión a baja y media tensión. Por otro lado, cuando se pretende interconectar una P.C.H. con redes existentes, la vinculación de proximidad geográfica debe darse entre la zona donde se ubican los recursos hidráulicos y las líneas de transmisión con las que se prevé la interconexión.

Es muy importante diferenciar la evaluación global de los recursos y demanda, de las evaluaciones que se realizan para el estudio de proyectos específicos.

Las actividades de evaluación global deben tener varias características entre las que tenemos:

—Inventario de P.C.H. existentes: consiste en la identificación de las plantas existentes y en proyecto. El inventario constituye una herramienta útil para orientar los planes y programas, tanto en la evaluación del estado de desarrollo de las P.C.H., como en la determinación de acciones a corto plazo para reacondicionamientos, reubicaciones y continuación de proyectos, así como en la determinación de índices de referencia propios del país. Este inventario puede ser empleado en el estudio de otros suministros energéticos existentes, principalmente en cuanto a extensión de las redes eléctricas existentes y a grupos electrógenos térmicos instalados.

—Evaluación de recursos por cuencas y hoyas hidrográficas: A fin de tener una primera aproxima-

ción de los recursos disponibles para P.C.H. debe estimarse la magnitud de los mismos según los datos disponibles para cada cuenca u hoya hidrográfica.

—Identificación preliminar de centros aislados y microregiones: La evaluación de los recursos para P.C.H. está íntimamente ligada con la necesidad de desarrollo de dichos recursos para satisfacer demandas de energía eléctrica de pequeñas localidades. Así mismo la formulación de un plan de desarrollo masivo de P.C.H. deberá hacerse con base en el establecimiento de prioridades de las localidades y microregiones susceptibles de ser electrificadas con P.C.H. La identificación preliminar de los centros aislados y microregiones se plantea como un conjunto de actividades previas, en gabineta, que permita contar con una estimación inicial de la magnitud del problema.

—Establecimiento preliminar de prioridades de las localidades aisladas y microregiones que se pueden electrificar con P.C.H.: Consiste en el establecimiento de prioridades de las localidades aisladas y microregiones identificadas en la actividad anterior, con base en criterios preliminares respecto a los datos recopilados. Esta actividad permite también formular programas anuales preliminares de estudios, obras, financiamiento, capacitación, etc.

—Verificación en campo: Consiste en verificar los datos que sirvieron de base para el establecimiento preliminar de prioridades, enseguida se procederá a verificar la factibilidad de construcción de obras.

—Reajuste de prioridades: Con base en la información anterior se deberá realizar el reajuste de las prioridades tomando en consideración criterios de: tamaño y costos, potencial de impulso al desarrollo rural, participación de la comunidad, uso de material y mano de obra locales, capacidad de abastecimiento de equipos y capacidad disponible de técnicos e ingenieros.

Con base en las prioridades se deberán definir los programas anuales de estudios de proyectos, pro-

gramas de obras, programas de financiamiento, necesidades de insumos y equipos, así como necesidades de investigación tecnológica y desarrollo industrial, entre otros. Este proceso deberá entenderse como un proceso continuo e interactivo que integre los logros obtenidos en el desarrollo de los diferentes programas.

2. Desarrollo Tecnológico

La investigación y desarrollo tecnológico, es una herramienta fundamental para sustentar los programas de desarrollo de P.C.H., considerando que sólo se requieren procesos de adaptación e innovación de tecnologías maduras existentes, para que se adecúen a las condiciones de cada país.

El desarrollo tecnológico aplicado a P.C.H. presenta las siguientes ventajas:

- Reducción de costos unitarios de inversión por medio de la aplicación de tecnologías no convencionales.
- Promoción de la producción industrial de equipos y materiales, maximizando el empleo de materiales y mano de obra del país.
- Desarrollo sistemático de conocimientos y preparación de especialistas.
- Mejor capacidad de evaluación técnica para la adquisición y operación de equipos e instalaciones.

Diversas instituciones de investigación, Universidades y Empresas Latinoamericanas están realizando actividades de investigación tecnológica sobre P.C.H., principalmente en Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, México y Perú, habiéndose desarrollado tecnologías que se encuentran en fase de aplicación práctica, principalmente en lo que respecta a construcción de presas y tomas de materiales no convencionales (gaviones, suelo-cemento, etc.), construcción de canales de uso múltiple, diseño simplifi-

cado de cámaras de carga y desarenadores, empleo de tuberías de presión en materiales no metálicos, (PVC, polietileno, asbesto-cemento, etc.), turbinas (Pelton, Michell-Banki, Francis y diversos tipos de máquinas axiales), alternadores y generadores asíncronos, reguladores de velocidad eléctrico-electrónicos y diseños modulares de tableros de control.

En la región existe producción industrial de equipos y materiales, lo cual permite asegurar suministros de origen latinoamericano. Sin embargo, hasta la fecha el intercambio entre los países es insuficiente, debido principalmente a la limitada información técnica y comercial sobre las producciones existentes, a los esquemas de financiamiento extra regional atados a suministros del mismo origen, así como a la poca confianza en la calidad técnica de los materiales y equipos de origen regional.

Por otra parte, el desarrollo de la producción de equipos y materiales en la región está restringido por las limitaciones del mercado, dada la ausencia de programas de implementación masiva y el reducido intercambio entre nuestros países.

Una parte del programa regional de P.C.H. de OLADE se orienta al ámbito de la tecnología y equipamiento, en cuyo contexto se están realizando las siguientes acciones:

- Elaboración de catálogos de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que realizan los países de la región.
- Elaboración de perfiles de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que puedan desarrollarse en países de la región.
- Intercambio de experiencias y asistencia recíproca entre instituciones de investigación en la región.
- Ejecución de trabajos de investigación y desarrollo tecnológico de interés regional.

- Elaboración de metodologías de diseño, estandarización y construcción de turbinas.
- Directorio de fabricantes regionales de equipos y materiales.
- Asistencia técnica a los países en materias de investigación tecnológica, transferencia de tecnología y producción de equipos, formulación de planes de desarrollo y asesoría para proyectos específicos.

En la medida de las posibilidades y políticas tecnológicas de cada país, se considera altamente prioritario el desarrollo de un programa de investigación tecnológica sobre pequeñas centrales hidroeléctricas por las razones siguientes:

-Permite maximizar las posibilidades de desarrollo de tecnología de diseño y fabricación de equipos adecuados a las condiciones específicas del país.

-Posibilita la producción de equipos de bajo costo, lo que contribuirá a reducir la magnitud de las inversiones iniciales.

-Se puede adecuar el diseño de equipos a los materiales disponibles localmente y a la estructura productiva industrial del país.

-Permite el desarrollo y asimilación de tecnologías no convencionales.

-Posibilita el desarrollo sistemático del conocimiento técnico y la recopilación de información relevante.

-Facilita la preparación intensiva y sistemática de especialistas.

-Incrementa la generación de infraestructura experimental y la capacidad de evaluación de plantas en operación.

-Mejora la capacidad para evaluar alternativas de adquisición de equipamiento.

-Reducidos requerimientos de recursos financieros para iniciar la investigación.

No es posible establecer un patrón único para el diseño de Programas de Investigación Tecnológica sobre Pequeñas Centrales Hidroeléctricas a nivel de cada país. Sin embargo, se pueden destacar algunos puntos generales cuya aplicabilidad deberá considerarse en cada caso. Así pues se debe considerar que es necesario que cada país cuente con políticas de desarrollo tecnológico definidas, que establezcan un marco de prioridades para la investigación tecnológica del equipamiento.

Es necesario definir qué tipo de institución, debe asumir la ejecución del desarrollo tecnológico del equipamiento. Un esquema viable en muchos casos, consiste en que la responsabilidad de ejecución sea asumida por un Instituto de Investigación Estatal. La capacitación de recursos financieros para la investigación depende en gran medida de la estructura institucional que se adopte a fin de garantizar la correcta aplicación de los fondos, los cuales pueden tener su origen en recursos públicos, tributos a las empresas industriales o recursos de proyectos de inversión.

Cuando se trata de cooperación técnica bilateral debe prestarse particular atención y cuidado en la definición de los objetivos y alcances de un programa a fin de evitar formas encubiertas de venta de tecnología condicionada a objetivos comerciales, lo cual de ser necesario, debe corresponder a acciones explícitas de negociación de compra de tecnología, en condiciones favorables y no a un otorgamiento de exclusividad encubierto en un programa de asistencia. Igualmente, en todos los casos de asistencia técnica internacional deben establecerse claramente los mecanismos de asimilación efectiva del conocimiento.

La tecnología desarrollada debe orientarse a la simplificación de la instalación, puesta en marcha y

operación de los equipos, en forma tal que se adapte a la participación de las comunidades locales en los proyectos.

Se deben desarrollar equipos adecuados para funcionar en condiciones desfavorables, tanto en lo que respecta a mantenimiento como a operación.

La eficiencia de los equipos cuya tecnología se desarrolle deberá ser la más alta posible a fin de asegurar una adecuada economía del recurso histórico, tamaños razonables del equipo y funcionamiento confiable. Lo antedicho, siempre y cuando la mayor eficiencia dependa de un buen diseño y permita maximizar el uso de materiales locales.

De acuerdo con las políticas de desarrollo industrial de cada país, y de la amplitud de sus programas de inversión, en pequeñas centrales hidroeléctricas, se deberán seleccionar los equipos que ameriten destacarse para el desarrollo de tecnología.

3. Estado actual de desarrollo de P.C.H. en la región.

Latinoamérica tiene una larga tradición en el desarrollo de las P.C.H.. Desde la última década del siglo pasado se comenzaron a instalar este tipo de plantas en la región y durante la primera mitad de este siglo se realizaron algunos esfuerzos pioneros en el desarrollo de tecnología. Este desarrollo estuvo principalmente motivado por la tecnificación de la agroindustria (café, cacao, azúcar, etc.) y la pequeña minería, que determinaron crecientes existencias energéticas en zonas aisladas, cuando la electrificación de los países de la región era aún incipiente.

Sin embargo, con el perfeccionamiento técnico de los motores de explosión, sus mayores eficiencias, sus cada vez menores precios de adquisición y costos de instalación con respecto a los sistemas hidroeléctricos y la vigencia del modelo energético asociado con los combustibles baratos, así como la ampliación de los sistemas eléctricos interconectados, menguó el interés hacia las P.C.H., disminuyó el número

de nuevos proyectos de inversión y se clausuraron algunas plantas, lo cual fue acompañado por una menor actividad en la investigación tecnológica y en las actividades productivas asociadas con el abastecimiento de equipos.

Ante los problemas suscitados con la aplicación de los energéticos basados casi exclusivamente en el petróleo, debido a su escasez y a las consiguientes alzas de precios así como con el permanente estancamiento de las actividades productivas y deterioro de las condiciones de vida en el medio rural latinoamericano, que han originado entre otros grandes problemas, fuertes presiones migratorias hacia las ciudades y una débil incorporación de la población campesina al desarrollo de cada país, se ha llegado al punto en que es imprescindible impulsar aceleradamente el desarrollo económico-social del campo, para lo cual se plantea entre otros aspectos, la necesidad de proveer la energía necesaria. Esta situación ha determinado que las P.C.H. constituyan ahora una de las principales alternativas para el suministro de energía al sector rural, considerando el enorme potencial hidroenergético de la Región.

Si se concibe el desarrollo de las P.C.H. en Latinoamérica bajo una óptica de implementación masiva de proyectos, en forma tal que durante los próximos veinte años se logre un impacto efectivo en el desarrollo rural por medio de un cubrimiento energético integral no bastaría considerar el problema simplemente como un proceso intensivo de construcción de plantas, sino como una acción global que comprenda también el Desarrollo y la Transferencia de Tecnología del equipamiento e instalaciones y la ampliación de la capacidad productiva de los equipos.

Es posible afirmar que en la actualidad diversas instituciones, universidades y empresas de la región, están desarrollando intensa actividad de investigación y desarrollo tecnológico y se dispone de resultados en proceso de aplicación práctica, si bien el

esfuerzo realizado es aún limitado y adolece de restricciones, principalmente financieras.

Otros países han estado desarrollando pequeños proyectos aislados, en general tratando de relocalizar equipos de algunas centrales, que por causa de la interconexión, quedaron abandonados. Si bien existen en la región numerosas plantas que caen dentro de la categoría de pequeñas centrales hidroeléctricas, una parte importante de estas se han ejecutado con tecnologías convencionales y equipos importados de fuera del área. En muchos casos tampoco puede decirse que esas plantas fueron concebidas como instrumentos del desarrollo rural, todo lo cual refleja la carencia de políticas definidas al respecto.

Se estima que en Latinoamérica deben existir aproximadamente 2000 pequeñas centrales hidroeléctricas en funcionamiento, lo cual constituye una parte muy pequeña del número de plantas que se requeriría instalar en la región para atender las necesidades energéticas del medio rural, en localidades aisladas que pudieran contar con recursos hídricos adecuados.

Tal como se mencionó anteriormente, también existen producciones industriales de equipos y materiales en la región, principalmente en lo que respecta a turbinas, reguladores de velocidad, generadores, tuberías, válvulas, tableros, instrumentación, materiales eléctricos y materiales de construcción que permiten suponer que resulta posible un abastecimiento regional amplio para centrales de potencias inferiores a 500Kw, aproximadamente.

Los niveles de intercambio de experiencias, transferencia de tecnología, asistencia técnica y suministro de equipos y materiales entre los países de la región son muy reducidos: en efecto se mantienen fuertes lazos de dependencia extra regional en cada país, con respecto a aquellos elementos para los que no se cuenta con un suministro local.

Como factores limitantes al desarrollo tecnológico es posible mencionar entre otros, la insuficiente valorización de la importancia de los aspectos tecnológicos por parte de las entidades responsables de la ejecución de proyectos de electrificación rural, que se refleja en una escasa utilización de tecnologías no convencionales, producto de una concepción errónea que considera a la P.C.H. como grandes centrales reducidas a escala, la vigencia de esquemas financieros atados al suministro de equipamiento extra regional, la frecuente ausencia de políticas nacionales que promuevan el desarrollo tecnológico y regulen la transferencia de tecnología, así como las características de la infraestructura industrial, que, en algunos países no está adecuada para el desarrollo de la producción de equipos en forma satisfactoria.

También influye negativamente la actitud tradicional de subvalorar el potencial productivo de nuestros países, al considerarse merecedores de mayor confianza los abastecimientos extra regionales.

4. Aspectos Económicos

Actualmente los costos totales de inversión unitaria para PCH normalmente se sitúan entre US.\$ 2000 y US.\$5.000 por kilovatio instalado. OLADE propone una meta regional del orden de US.\$1000 Y US.\$2000 por kilovatio instalado, para lo cual requiere:

- Evaluar el recurso y la demanda a nivel de cuencas y sub-cuencas para lograr definir proyectos con buenas características técnico-económicas y reducir los requerimientos de estudios específicos.
- Promover el desarrollo masivo de P.C.H. para lograr mejores economías de escala, desarrollando conjuntos de proyectos por cuencas y a nivel micro-regional.
- Fomentar la participación comunal organizada en la construcción de plantas.

- Definir requerimientos objetivos para los estudios específicos y definir sus alcances en relación con la magnitud de las inversiones previstas.
- Promover el desarrollo de tecnologías no convencionales que permitan reducir costos manteniendo adecuados niveles de ingeniería.
- Promover la fabricación de equipamiento nacional.

En el contexto de un Manual para la toma de decisiones sobre P.C.H. preparado por OLADE para ONUDI se presenta un análisis sistemático de costos unitarios indicativos, el cual será ampliado en el Manual de Costos referenciales para P.C.H.

OLADE está preparando una Guía para la elaboración de proyectos por medio de la cual se espera definir modalidades y alcances de los estudios de pre-inversión, a fin de reducir sus costos y facilitar las gestiones de financiamiento de proyectos.

Los mayores problemas relativos al financiamiento de P.C.H. están dados por:

- Insuficientes recursos financieros disponibles.
- Requerimientos poco racionales para estudios de pre-inversión.
- Créditos atados a suministros costosos.
- Poco sustento de los proyectos en actividades productivas que requieran energía.
- Criterios de evaluación económico-financiera poco compatibles con las necesidades de desarrollo rural.

5. Criterios para aplicación masiva.

El panorama regional respecto al Desarrollo de las P.C.H. muestra que pese a que los países de la región cuentan con abundantes recursos hidroenergéticos

y a que el desarrollo de este tipo de centrales presenta numerosas ventajas como una de las soluciones a los problemas socio-económicos de las comunidades rurales, se ha detectado la existencia de sólo tres países latinoamericanos que han planificado la instalación masiva de P.C.H.. Así mismo las numerosas centrales comprendidas dentro del rango de clasificación de las P.C.H., instaladas en los países de la región, en la mayoría de los casos han sido construídas sin participación comunal, con tecnologías convencionales y equipamiento proveído extra regionalmente.

Esto indica la carencia de políticas y la necesidad de una organización institucional que promueva el desarrollo de las P.C.H. en forma planificada y coherente y que esté de acuerdo con la realidad de los recursos económicos y técnicos disponibles. En este sentido se plantea una estrategia de desarrollo masivo de P.C.H. que comprende la ejecución de actividades tendientes a eliminar las limitaciones existentes y la ejecución de los programas de construcción de P.C.H. en la región, incorporando gradualmente los resultados que se obtenga sin comprometer el cumplimiento de las metas finales.

La ejecución de un programa de desarrollo masivo de P.C.H. en la región debe considerar el desarrollo de actividades de investigación tecnológica y la incorporación de la mano de obra local aprovechando al máximo los materiales de la región. Con ello se conseguirá reducir la dependencia tecnológica y los costos de instalación, conjuntamente con una mayor capacitación profesional.

Considerando lo expuesto, se deben plantear las siguientes políticas de desarrollo masivo de P.C.H.: Política institucional, de desarrollo energético rural, de construcción, de financiamiento, tecnología, de equipos y materiales, de capacitación y tarifaria.

Así mismo es necesario el conocimiento de los recursos hídricos disponibles, para lo cual se propone un esquema de evaluación de recursos y demanda que consiste en identificar las P.C.H. existentes y en proyecto, evaluar los recursos por cuencas y hoyas hidrográficas, identificar preliminarmente centros aislados y microregiones, establecer prioridades de una forma preliminar para las localidades aisladas y microregiones susceptibles de ser electrificadas con P.C.H., verificar la base para el establecimiento preliminar de prioridades y reajustar este con base en la información anterior.

Se considera conveniente que los países cuenten con una entidad gubernamental dedicada exclusivamente a promover y coordinar el desarrollo e implementación de P.C.H. Entre las labores de esta entidad estaría la de recopilar información técnica, realizar y coordinar el desarrollo de tecnología, planificar y construir PCH, coordinar la acción comunal, capacitar personal, organizar la operación y mantenimiento de P.C.H., gestionar distintas formas de financiamiento, negociar la adquisición de equipos y tecnologías disponibles de la región, gestionar cooperación y asistencia técnica y finalmente, darle continuidad a la construcción de centrales, así como a la capacitación y la motivación de las comunidades.

Cuando se formulen los planes y programas de desarrollo e instalación de las P.C.H. y capacitación, se deben tener en cuenta los recursos financieros y técnicos disponibles, así como los resultados de los diferentes programas por desarrollarse. Así mismo se deberán definir las necesidades de equipos, mano de obra, personal profesional y personal técnico.

Las metodologías de planeamiento y programación deberán ser uniformes y los criterios de establecimiento de prioridades que se adopten deberán estar de acuerdo con las políticas que se propugnen.

En los proyectos específicos de P.C.H., los estudios estarían referidos a un análisis de cuencas y subcuencas, con estudios hidrológicos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos cuyo grado de pro-

fundidad esté en relación con la magnitud de la inversión. Así mismo el grado de detalle en algunos casos comprendería una prefactibilidad económica a través de un análisis indirecto de las posibilidades tarifarias. Los proyectos que presenten situaciones dudosas en cuanto a las decisiones de proseguimiento de los estudios deberían ser sometidos a una instancia de factibilidad.

Los esquemas o prediseños deberán permitir, en la instancia de factibilidad, un análisis cuantitativo o comparativo en términos económicos, en relación con otras alternativas de otras fuentes para satisfacer la demanda.

El objeto de los estudios debe consistir en determinar la demanda y su variación en el tiempo, los saltos disponibles, la variación de caudales y su relación con la demanda.

Para el desarrollo de proyectos de P.C.H. se requiere un apoyo considerable del presupuesto nacional de cada país, teniendo en cuenta que estos atenderán generalmente a comunidades con capacidades económicas reducidas. Esto hace necesario maximizar el uso de la energía generada principalmente para fines productivos.

Así mismo es necesario iniciar actividades de investigación que conduzcan a reducir los costos de ingeniería y de equipos fomentando la mayor participación de la ingeniería nacional en los estudios de construcción de P.C.H. y considerando la efectiva participación de las comunidades rurales en la etapa de construcción a través de comités de electrificación. Es de capital importancia la creación de fondos financieros para el desarrollo de electrificación rural que consideren el desarrollo de P.C.H.

En cuanto a la operación y mantenimiento de P.C.H. se recomienda contar con esquemas institucionales adecuados que combinen las posibilidades de gestión autónoma de las plantas a nivel local con el apoyo técnico y organizativo de las entidades de

electrificación, para lo cual OLADE ha preparado un modelo referencial.

6. Actividades que realiza OLADE.

El programa regional de P.C.H. inició sus actividades en Enero de 1980, con el objetivo principal de promover la implementación masiva de pequeñas centrales hidroeléctricas en la región, como una respuesta parcial al reto del desarrollo del medio rural y de las zonas apartadas, aprovechando uno de los recursos energéticos más abundantes de la región.

En las actividades de OLADE se ha dado particular énfasis al desarrollo de metodologías, manuales y documentos técnicos que puedan ser utilizados por las instituciones de los países para promover el desarrollo de P.C.H., entre estos podemos citar los siguientes:

—“El potencial hidroeléctrico— alternativa energética y desafío industrial y financiero para América Latina”.

Este documento trata de proporcionar a los países de la Región una visión del potencial hidroenergético regional y de las implicaciones industriales y financieras que podrán tener un desarrollo en el marco de la cooperación regional.

— “Minicentrales hidroeléctricas-Manual para toma de decisiones”.

Este documento presenta a los países regionales y extraregionales las definiciones y lineamientos a tomarse en cuenta en la planificación y el desarrollo de minicentrales hidroeléctricas, por entidades que toman decisiones relativas a este campo a nivel de gobierno central, zonal y en las áreas de planeamiento.

— “El desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas en Latinoamérica y El Caribe”.

El documento presenta a los países de la Región el panorama técnico y socio-económico en el cual se desarrollarán las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas y las bases del Programa Regional de P.C.H. de OLADE.

— Situación y perspectivas de la tecnología y equipamiento para pequeñas centrales hidroeléctricas en Latinoamérica”.

Su objetivo es el de realizar el análisis de las perspectivas del desarrollo tecnológico, la transferencia de tecnología y el abastecimiento de equipos y materiales para promover la implementación de pequeñas centrales hidroeléctricas en la Región.

— “Requerimientos y metodologías para la implementación masiva de pequeñas centrales hidroeléctricas en Latinoamérica”.

Tiene por objetivo definir las metodologías y acciones concretas que los países de la región podrán adoptar para promover el desarrollo e implementación masiva de pequeñas centrales hidroeléctricas.

— “Hidrología para proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas en ausencia de datos”.

— “Metodología sintética para el cálculo y especificación preliminar de microcentrales hidroeléctricas”.

— Diseño y estandarización de turbinas Michell-Banki”.

— “Regulador de velocidad eléctrico electrónico de turbinas hidráulicas para centrales hidroeléctricas.

— “Manual para el diseño de pequeñas centrales hidroeléctricas”.

Este documento está en proceso de elaboración y en él se trata de mostrar metodologías simples para el diseño de pequeñas centrales hidroeléctricas, considerando el uso de tecnologías no convencionales.

Para la formulación de términos de referencia de las metodologías y manuales, así como para identificar acciones concretas que deberá realizar OLADE, se constituyen GRUPOS DE TRABAJO integrados por expertos de la región, hasta la fecha se han desarrollado las siguientes reuniones de grupos de trabajo:

- Primera Reunión de Grupo de Trabajo: Esta reunión se efectuó en Quito-Ecuador en el mes de agosto de 1979, en ella se analizaron los problemas de desarrollo de P.C.H. en Latinoamérica y sus perspectivas de solución, se definió una estrategia regional de desarrollo y se formularon los lineamientos del programa regional.
- Segunda Reunión de Grupo de Trabajo: Esta reunión se efectuó en Quito-Ecuador en el mes de abril de 1980 con el fin de intercambiar experiencias y definir actividades relacionadas con tecnología y equipamiento en el campo de las P.C.H.
- Tercera Reunión de Grupo de Trabajo: Se realizó en Quito-Ecuador en el mes de junio de 1980 con la finalidad de intercambiar experiencias y definir los términos a tratar en un documento sobre "Requerimientos y capacidades para la implementación masiva de P.C.H. en Latinoamérica.
- Cuarta Reunión de Grupo de Trabajo: Se efectuó en Quito-Ecuador el mes de Abril de 1981 con el fin de perfeccionar los términos de referencia del Manual de Diseño de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas y elaborar un documento en el que se describa en detalle su contenido.

También se ha conformado un GRUPO ASESOR de OLADE constituido por varios expertos de la región en el campo de las P.C.H., este grupo tuvo su primera reunión en el mes de Agosto de 1981 en la ciudad de Lima-Perú, en ella se revisaron los lineamientos generales del Programa Regional de P.C.H., evaluaron las actividades realizadas por OLADE, intercambiaron opiniones sobre la planificación y programación y se propusieron nuevos lineamientos a ser considerados en el futuro.

Del 3 al 7 de Noviembre de 1980 se realizó el 1er. Seminario Latinoamericano en Girardot-Colombia bajo los auspicios de OLADE e ICEL (Instituto Colombiano de Energía Eléctrica), en él se establecieron lineamientos de acciones regionales para promover la implementación masiva de P.C.H. bajo la coordinación de OLADE.

Como un primer paso importante para apoyar la calificación de recursos humanos requeridos para el desarrollo de P.C.H., en la región, del 7 al 23 de Septiembre de 1981 OLADE organizó el Primer Curso Latinoamericano sobre diseño de P.C.H., el cual se llevó a cabo en Lima-Perú y contó con el coauspicio del Ministerio de Energía y Minas de ese país y ELECTROPERU.

La Secretaría Permanente de OLADE también presta apoyo a los países y sus instituciones que requieran del respaldo técnico de la Organización para el desarrollo de sus programas nacionales, obviamente la amplitud de estas acciones está limitada por los recursos presupuestales que se dispone, así como por los recursos que los países interesados asignen para este fin. Estas acciones se realizan en el marco de la Decisión 073 de XI Reunión Ordinaria de Ministros de OLADE, por medio de la cual se encarga a la Secretaría Permanente gestionar recursos extra-presupuestales para contar con un equipo técnico permanente para apoyar las actividades de los países, tendientes al desarrollo masivo de P.C.H. En cumplimiento de este mandato OLADE cuenta ya con un pequeño equipo técnico multidisciplinario que realiza acciones específicas de apoyo a los países.

Entre las principales actividades de apoyo técnico que ha realizado OLADE, se pueden mencionar las siguientes:

- Asistencia técnica a INECCEL-Ecuador para el desarrollo de su programa nacional de P.C.H.



- Asistencia Técnica en la ejecución del diseño de las obras civiles y la turbina de la pequeña central de Cuyuja. Existe un convenio de cooperación técnica entre OLADE e INECCEL.
- Asesoramiento técnico a Grenada para su programa de desarrollo de P.C.H. y está en proceso la formulación de un estudio de factibilidad integral cuyo financiamiento se está gestionando.
- Asesoramiento técnico a Cuba en el desarrollo de su programa de implementación de P.C.H. Existe un convenio suscrito entre OLADE y la República de Cuba.
- Asesoramiento técnico a CADAPE-Venezuela para impulsar el desarrollo de los programas de implementación de P.C.H. Se realizaron los diseños preliminares para la pequeña central hidroeléctrica de Piñango. El Convenio de cooperación está en etapa de suscripción.
- Asesoramiento técnico a varios países en los que se espera el desarrollo de un conjunto de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas con fines de investigación aplicada y/o demostrativos.

En general el apoyo que OLADE puede prestar a los países para promover la implementación masiva de P.C.H. en la región comprende:

- Definición y difusión de metodologías de desarrollo tecnológico adecuadas a los países de la región.
- Promoción del intercambio tecnológico entre los países a través de asistencia técnica e intercambio de especialistas de la región.
- Difusión de las mejores alternativas tecnológicas para el equipamiento de P.C.H.
- Identificación y difusión de alternativas de organización y financiamiento para el desarrollo de programas de inversión.
- Implementación de proyectos piloto, orientados al perfeccionamiento de metodologías adecuadas para la implementación masiva de P.C.H.

POTENCIAL GEOTERMICO EN AMERICA LATINA

1. GENERALIDADES SOBRE LA ENERGIA GEOTERMICA.

- Es conveniente distinguir los recursos geotérmicos según su utilización práctica, en categorías tradicionalmente conocidas como de alta, media y baja entalpía.

Los recursos del primer grupo pueden ser utilizados para la generación de energía eléctrica, mientras los restantes son económicamente aprovechables para usos energéticos directos, tales como calefacción, agro-industria, sector sanitario, generación por medios no convencionales, etc.

Es difícil poner un límite preciso de temperatura entre los tipos de recursos, dado que la entalpía de un fluido depende, además, de la temperatura de factores físico-químicos. En general, la temperatura de 150-180°C se toma como límite inferior de los recursos de alta entalpía.

Considerando que el valor medio del gradiente geotérmico de la tierra (incremento de la temperatura en profundidad) es del orden de 30°C/Km. y que las profundidades económicamente alcanzables en la explotación geotérmica son de aproximadamente 3 Km., es posible establecer lo siguiente:

- Los recursos de baja entalpía (100°C), son teóricamente disponibles en cualquier lugar de la tierra,

siempre que existan condiciones hidrogeológicas favorables (acuíferos de gran potencialidad y profundidades adecuadas).

- Los recursos de mediana entalpía (100-150°C) y más aún los de alta entalpía (150°C), requieren de condiciones geológicas especiales, en particular la presencia de una importante anomalía térmica positiva que determine un aumento de 2 a 3 veces el gradiente geotérmico medio.

— Condiciones geológicas para el desarrollo de recursos geotérmicos de alta entalpía.

Como se ha mencionado, el primer requisito para la existencia de recursos de alta entalpía, es la presencia de una importante anomalía térmica próxima a la superficie. Para que ésto ocurra, se necesita un fuerte aumento del flujo de calor desde el interior del planeta, que determine un acercamiento a la superficie de las isoterms. Este fenómeno se puede realizar cuando haya transporte de calor hacia la superficie, a través de desplazamientos de masas a temperatura elevada. En otras palabras, es necesario que importantes volúmenes de magmas de origen subcrustal, con temperaturas del orden de 1.200°C, se movilicen hacia la superficie y transfieran el calor a las rocas encajantes. Se puede decir, por lo tanto, de manera muy general, que todas las regiones afectadas por fenómenos volcánicos recientes, se consideran zonas geotérmicas potenciales.

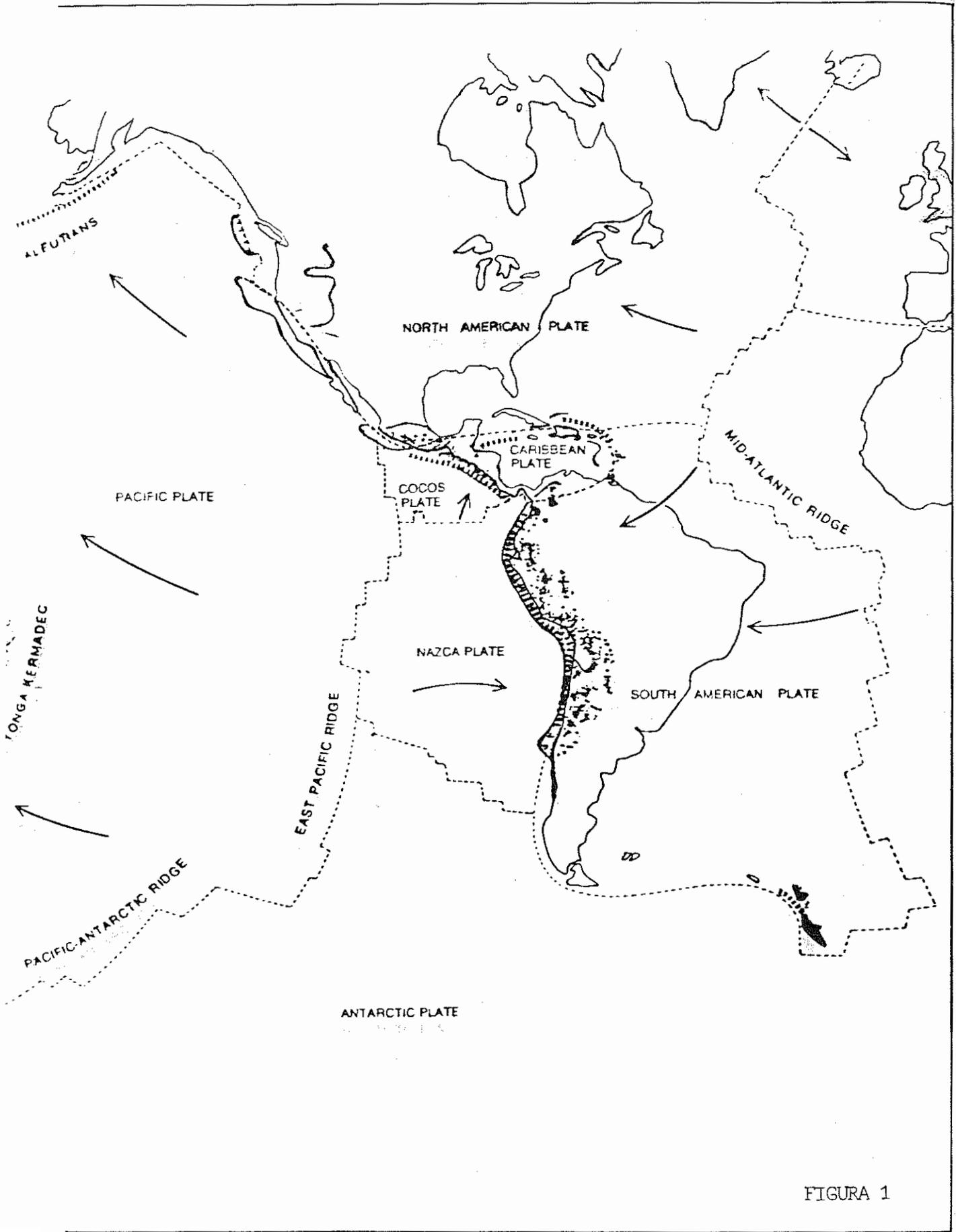


FIGURA 1

La teoría de la tectónica de placas ha permitido formular un modelo que explique de manera satisfactoria las causas que determinan la contracción de la actividad volcánica en áreas particulares del planeta. El vulcanismo, como también la actividad sísmica, representarían la disipación de la energía interna del planeta, que ocurre a lo largo de los límites de las placas contiguas.

Según el tipo de interacción dinámica entre placas, se pueden distinguir 2 tipos de límites o fronteras:

- Límites entre placas divergentes: Sería éste el ambiente tectónico de las dorsales oceánicas, donde se genera nueva litosfera por subida continua, con intrusiones y efusiones de magmas basálticos desde la atmósfera. Los continentales, como la región de los grandes lagos del Africa Oriental, representan fases embrionarias de este tipo que, en caso de continuar la distensión, seguiría su evolución hasta llegar a ser océanos.
- Límites entre placas convergentes: Es el ambiente tectónico de las cordilleras (márgenes continentales activos) y de los arcos insulares. El cinturón de fuego circumpacífico presenta los ejemplos más espectaculares de este tipo de situación geodinámica.

Estos límites están caracterizados por el fenómeno de la subducción. Una de las placas convergentes, de la naturaleza oceánica, desliza debajo de la placa adyacente, que puede ser también oceánica o, más frecuentemente, continental. En la zona de contacto se realiza un ambiente tectónico compresivo, con consecuente formación de grandes bloques de corteza aislados de sus raíces y desplazados horizontalmente. A una distancia desde el contacto, que es generalmente de por lo menos 100 Km., se desarrolla un amplio frente volcánico activo, dominado por magmas andesíticos y sus productos diferenciados. Estos magmas se generan por interacciones físico-químicas del material de la placa con la sobreyacente estenósfera. En este caso, (así como en las dorsa-

les oceánicas, a pesar de tratarse de ambientes tectónicos opuestos y caracterizados por procesos magmáticos muy diferentes), la producción, movilización y ascenso hasta la superficie, de inmensos volúmenes de magmas, determina una anomalía térmica regional y un ambiente ideal para el desarrollo de campos geotérmicos de alta entalpía.

- Límites entre placas con desplazamiento lateral: Es en este ambiente de las fallas transformes que conectan límites entre placas del primero y segundo tipo. La tectónica está controlada por desplazamientos horizontales, con un escaso componente distensivo; el vulcanismo es, por lo tanto, en general de menor intensidad y, consecuentemente, menor también en su interés geotérmico.

Si por un lado es cierto que el vulcanismo se concentra en estos 3 ambientes tectónicos, por otro, hay que mencionar que existen algunas excepciones importantes. Se trata de fenómenos volcánicos que se desarrollan en el interior de las placas, ya sea en ambiente oceánico (Hawai), o en ambiente continental (Macizo del Tibesti en Africa), lejos de los límites de las placas. Estos fenómenos se atribuyen generalmente a la presencia de "puntos calientes" relacionados con la subida concentrada en un punto de material caliente proveniente de la estenósfera. Cualquiera que sea su origen, estas zonas presentan gran interés geotérmico en el caso de que el vulcanismo se haya desarrollado intensamente en épocas recientes.

- Situación geodinámica y perspectivas geotérmicas en América Latina.

Los países latinoamericanos presentan una situación geodinámica completamente distinta, según se encuentren en el Pacífico o en el Atlántico.

Los países del Pacífico poseen los ambientes tectónicos correspondientes al segundo tipo de límite entre placas convergentes antes descritas (ver Fig. 1). El continente sudamericano corresponde a un único

gran ambiente geodinámico, caracterizado por la convergencia entre la placa oceánica de Nazca, en subducción debajo de la placa continental sudamericana; de este proceso resulta la formación de la Cordillera de los Andes, que se extiende por millares de kilómetros, desde Argentina hacia la frontera colombo-venezolana, atravesando Chile, Bolivia y Ecuador. La complejidad de los procesos geodinámicos determina en la realidad discontinuidades de breve extensión en la actividad volcánica a lo largo de la Cordillera y también una migración en el tiempo del frente volcánico. Sin embargo, los países andinos presentan una gran posibilidad geotérmica, justamente por la presencia de grandes fenómenos volcánicos que han ocurrido durante muchos millones de años.

La situación geodinámica de Centroamérica se presenta más compleja, por la existencia de una unión triple (triple función), es decir, el contacto entre 3 placas: la oceánica de cocos, las continentales norteamericanas y la del Caribe. De esta situación resulta un ambiente tectónico extremadamente complejo, caracterizado por la subducción de la placa de cocos y el desarrollo de vulcanismo andesítico a lo largo de la faja pacífica de México, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Honduras, al cual interesa en menor grado. Paralelamente con esos fenómenos de subducción, se desarrollan límites transformantes como los que caracterizan a los bordes septentrional y meridional de la placa del Caribe y que interesan respectivamente a Guatemala, parte de las Antillas al norte y el borde septentrional del continente sudamericano (Colombia y Venezuela al Sur).

Movimientos diferenciales en la proximidad de estas estructuras transformes, originan campos de esfuerzo y la consiguiente formación de depresiones (graben) distensivas con vulcanismo básico asociado, frecuentemente alcalino.

Las áreas de interés geotérmico corresponden, ya sea a las fajas pacíficas de vulcanismo andesítico, o a las zonas de cruce entre el frente volcánico activo y las depresiones transversales y, de menor importancia, las mismas depresiones distensivas.

En el lado atlántico de la placa caribe, se encuentra una nueva zona de subducción, causada por la convergencia entre la placa caribe misma y la placa oceánica atlántica. El resultado es la formación de un arco insular, cuyo frente volcánico activo se extiende a lo largo de las Pequeñas Antillas. Únicamente las islas que se encuentran a lo largo de este arco volcánico activo (San Kitts al Norte y Grenada al Sur), presentan un ambiente geológico potencialmente favorable para el desarrollo de recursos geotérmicos de alta entalpías.

De las demás islas del Caribe, Hispanola presenta un interés potencial de media y alta entalpía, pero limitado a la proximidad del graben Cul-de-Sac — Enriquillo, donde se encuentra el límite transformante septentrional de la placa del Caribe, y donde en efecto, se observa la presencia de fenómenos volcánicos muy limitados. Los países atlánticos del continente sudamericano, perteneciendo al margen continental "pasivo", es decir sin límites entre placas adyacentes, tienen una posibilidad geotérmica mucho menor. En estos países la probabilidad de la existencia de recursos geotérmicos de alta entalpía, es prácticamente nula y únicamente existen perspectivas para la baja o, posiblemente, mediana entalpía en el caso de que existan condiciones tectónicas e hidrogeológicas favorables (zonas distensivas que permitan la subida rápida a lo largo de fracturas de importantes cantidades de aguas calientes, desde zonas más profundas y su infiltración en acuíferos más superficiales).

— Perspectivas geotérmicas latinoamericanas

De lo antes dicho, resulta evidente que la totalidad de los países del Pacífico latinoamericano y las Pequeñas Antillas presentan importantes perspectivas geotérmicas de alta entalpía. Tratar de cuantificar, en términos de potencial energético, estas perspectivas, puede ser muy arriesgado en la fase actual de la exploración geotérmica. En efecto, no existen metodologías para una evaluación cuantitativa precisa del recurso geotérmico. La dificultad principal, consiste en la imposibilidad práctica de evaluar a priori, sin que haya sido completamente explorado

y perforado ya un campo geotérmico, la cantidad de calor presente en un volumen determinado de rocas, contenido en los fluidos geotérmicos; y, por otra parte, cuánto está contenido en rocas de permeabilidad baja o nula. Es evidente que solamente el primer tipo es aprovechable en la superficie, utilizando la tecnología disponible actualmente y, por lo tanto, únicamente éste representa el recurso energético explotable.

Las metodologías empleadas para una estimación indirecta de la fracción explotable (por ejemplo las metodologías desarrolladas por el U.S.G.S. como el método de los volúmenes, Maffler 1980), pueden proveer resultados de una cierta confiabilidad, únicamente los casos en los cuales se conozca con precisión las permeabilidades de las formaciones presentes al interior del área térmicamente anómala, y esto es en general posible únicamente después de un intenso programa de perforación y casos como éstos son todavía muy escasos en la región.

La capacidad geotermoelectrónica instalada o en proceso de instalación en los países latinoamericanos, es la siguiente:

País	Capacidad
México	150 MW
El Salvador	95 MW
Nicaragua	30 MW (proceso de instalación)

Sin embargo, hay que mencionar que la mayoría de las áreas de interés se encuentran en una fase muy preliminar de exploración, o todavía no han sido investigadas. OLADE, con la certeza de que la geotermia representa uno de los recursos energéticos más importantes de América Latina, ha dedicado en los últimos años importantes esfuerzos con el fin de valorizar dichos recursos. Después de haber establecido una adecuada metodología de exploración, OLADE ha coordinado e implementado estudios de reconocimiento y prefactibilidad en numerosos países latinoamericanos y los resultados obtenidos han sido altamente satisfactorios, los mismos que se pueden sintetizar de la siguiente manera:

Perú: Estudio de reconocimiento 1979-80; identificadas 9 áreas de interés a lo largo del Callejón Interandino, 3 de las cuales son de alta prioridad.

Ecuador: Estudio de reconocimiento 1979-80; identificadas 5 áreas de interés a lo largo del Callejón Interandino, 3 de las cuales son de alta prioridad.

Colombia: Estudio de reconocimiento 1981 en progreso; resultados preliminares indican la presencia de sus áreas de interés en los departamentos de Cauca y Nariño.

Rep. Dominicana: Estudio de reconocimiento 1979-80; identificadas una área para alta entalpía (Yayas) y varias de media a baja entalpía.

Haití: Estudio de reconocimiento 1979-80; se ha definido un área de baja a media entalpía en el graben de Cul-de-Sac.

Guatemala: Estudio de reconocimiento 1981 en progreso; se identificaron 8 áreas de interés a lo largo del eje volcánico activo y, en relación con la depresión distensiva conectada con la falla transformante del Mologua. En el área de Zunil se han realizado ya varias perforaciones profundas por parte del Gobierno.

Nicaragua: Estudio de reconocimiento y prefactibilidad 1980-81 en progreso; además de confirmar las ya conocidas, se precisó el interés de 5 áreas y, paralelamente, el estudio de prefactibilidad realizado en el área El Hoyo-San Jacinto, ha llegado a la ubicación de 3 sectores para perforación de pozos exploratorios profundos.

Grenada: Estudio geovulcanológico preliminar, 1981, en progreso; se ha definido el interés para mediana y posiblemente alta entalpía en algunas zonas de la Isla.

Jamaica: Estudio de reconocimiento orientado a la baja y media entalpía, 1981 en progreso; se evalúan las posibilidades de aprovechamiento de los recursos existentes y sus aplicaciones.

Panamá: Estudio geovulcanológico y evaluación de datos existentes en el occidente Chiriquí, 1981; se ha identificado un área para alta entalpía, con buenas posibilidades, distinta a la explorada anteriormente, ubicada en el aparato volcánico reciente Baru-Colorado.

A estos programas hay que adicionar los resultados positivos alcanzados en otros países latinoamericanos en el curso de proyecto de exploración, tales como:

Bolivia: Estudios de prefactibilidad completados, con resultados muy favorables en las zonas de Empexa y Laguna Colorada; identificación de otras numerosas áreas de interés.

Chile: Completado el programa de perforación con resultados positivos en el área de El Tatio y otras zonas de interés ya identificadas.

Argentina: Estudios de reconocimiento en la provincia de Jujuy completado, reconocimiento en la provincia de Mendoza, en progreso; 1ª fase de la prefactibilidad completada en el área del volcán Tuzgle, provincia de Jujuy; perforación de un pozo con resultados positivos en el área de Copahue, provincia de Neuquen.

Venezuela: Estudio de reconocimiento en el área de El Pilar-Casaway completado.

Costa Rica: Programa de perforaciones con resultados positivos en el área volcánica de Miravalles.

En el conjunto, la situación general es muy positiva y este hecho es una confirmación de la gran importancia de la geotermia en los países latinoamericanos y un estímulo para intensificar los estudios para la valorización de este precioso recurso energético.

2. LA METODOLOGIA DE EXPLORACION GEOTERMICA DE LA OLADE

A consecuencia del alto potencial geotérmico descrito en la parte anterior, gran número de países iniciaron sus programas de exploración geotérmica. Sin embargo, por la falta de una guía que permitiera la ejecución de los programas con el uso racional de los recursos y obtener resultados en tiempos adecuados, se consideró necesaria la elaboración de una metodología que permitiera la selección y combinación de las técnicas que contribuyan a alcanzar los objetivos particulares de la investigación, aplicables a las características geológicas particulares de cada proyecto, en vista de la amplia variedad de posibles condiciones locales que demanda cambios sustanciales en la secuencia y/o en la modalidad del uso de las técnicas existentes.

Por ello, producto de 3 seminarios con amplia participación regional entre 1978 y 1980, fue la preparación de las distintas fases de la metodología de exploración y explotación de los recursos geotérmicos. Dicha metodología comprende los lineamientos generales de un proyecto geotérmico, los métodos exploratorios a utilizarse, el personal necesario y el orden de las inversiones requeridas; todo ello flexiblemente adaptable a las condiciones y características de cada proyecto y formulado en base a las experiencias adquiridas por los proyectos geotérmicos de México, El Salvador, Italia, Nueva Zelandia, Islandia y otros países latinoamericanos, y también de acuerdo con los progresos científicos más avanzados.

En general, un proyecto geotérmico tipo se compone de 2 partes principales: la primera tiene un carácter de alto riesgo, similar a la exploración de cualquier mineral o energético, y su objetivo es la identificación del reservorio ("campo geotérmico"), incluyendo un estudio de su posible utilización; la segunda es de tipo mixto (de riesgo exploratorio, tecnológico y energético) y concierne al desarrollo y exploración del reservorio. La primera parte conlleva notables niveles de riesgo económico y debe ser enfrentada con inversiones progresivamente crecien-

te. La segunda parte, por lo contrario, implica riesgos menores pero requiere de inversiones más elevadas.

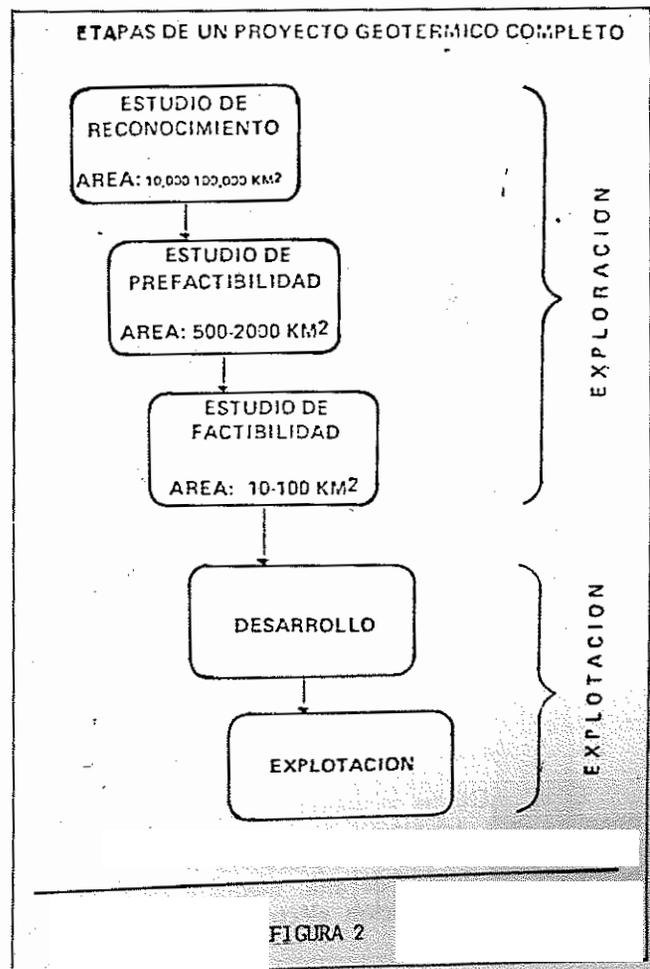
La experiencia acumulada ha demostrado que las dimensiones promedio de un área se hallan comprendidas entre 10 y 100 km². Si el proyecto geotérmico se ubica en una región del orden de 10.000-100.000 Km², la localización de la posible área requerida de etapas de investigación intermedia que permitan: primero, la delineación de la zona de interés (500-200 Km²) en base a un reconocimiento y, posteriormente, la individualización de una o más áreas prometedoras, no mayores de 100 Km², donde se ubicarán las localizaciones de los pozos exploratorios profundos que deban perforarse.

De acuerdo a lo anterior, un estudio subsecuente de prefactibilidad localizará los puntos donde se realizarán las perforaciones profundas y debe ser subdividido en distintas fases, las cuales deben realizarse en tiempos razonables, ya que las inversiones se incrementan progresivamente, a medida que avanza el proyecto. Por ello, es preciso empezar con estudios e investigaciones de carácter regional que impliquen costos relativamente bajos, dejando la prospección e investigación de mayor detalle sólo para las áreas de mayor interés y que, normalmente, se encuentran entre 500 y 200 Km².

Este criterio permite interpretar periódicamente y de manera integrada, los resultados de las investigaciones, y descartar las zonas poco favorables, así como también valorar la oportunidad de pasar a la siguiente etapa de trabajo.

Posteriormente, un estudio de factibilidad evaluará el potencial del área investigada y definirá el diseño preliminar de los sistemas de utilización alternativos, lo cual permitirá desarrollar el programa de operaciones a realizarse en la subsecuente fase de desarrollo.

Desde este punto práctico, se ha convenido articular el proyecto geotérmico en 5 etapas distintas, de las cuales las 3 primeras son: 1) Estudio de reconocimiento; 2) Estudio de prefactibilidad; y, 3) Estudio de factibilidad, las cuales se refieren a la parte exploratoria del proyecto. Las otras dos son: 4) desarrollo; y, 5) Explotación, las cuales se orientan a la producción sistemática del fluido endógeno, a su utilización industrial y a los problemas propios del campo (Fig. 2).



Este diseño estructural de la metodología permite la selección y combinación de técnicas fácilmente adaptables a las condiciones y características locales, lo mismo que distinguir efectivamente las distintas fases de exploración y explotación.

La validez de la metodología elaborada por la OLADE ha sido comprobada con gran éxito en los proyectos que ésta coordina en la región.

3. ASISTENCIA TECNICA

Dentro del programa de asistencia técnica para impulsar y desarrollar las aplicaciones de la energía geotérmica en la región, se consideró:

- Establecer una infraestructura de capacitación y entrenamiento en este campo energético, así como un intercambio sistemático, técnico y científico.
- Asesorar y coordinar trabajos de exploración geotérmica en los países que los soliciten.
- Apoyar e impulsar los desarrollos de actuales proyectos geotérmicos.
- Dar asesoría sobre áreas específicas; y,
- Buscar fuentes de financiamiento que aseguren el buen curso de los puntos anteriores.

La OLADE ha proporcionado a los países latinoamericanos asistencia y coordinación para incrementar las acciones de exploración necesarias en la búsqueda de fluidos de alta, media y baja entalpía, para fines de generación eléctrica y aplicaciones industriales.

En cuanto a la asistencia suministrada, ésta incluye desde la simple consulta sobre la formulación de proyectos, hasta encargarse de la dirección de un programa completo de exploración. Para esto, la "Metodología de Exploración Geotérmica" facilita el control de sus actividades en uno o varios países, al lograr "estandarizar" los criterios de exploración simplificando las acciones de coordinación y control necesarios.

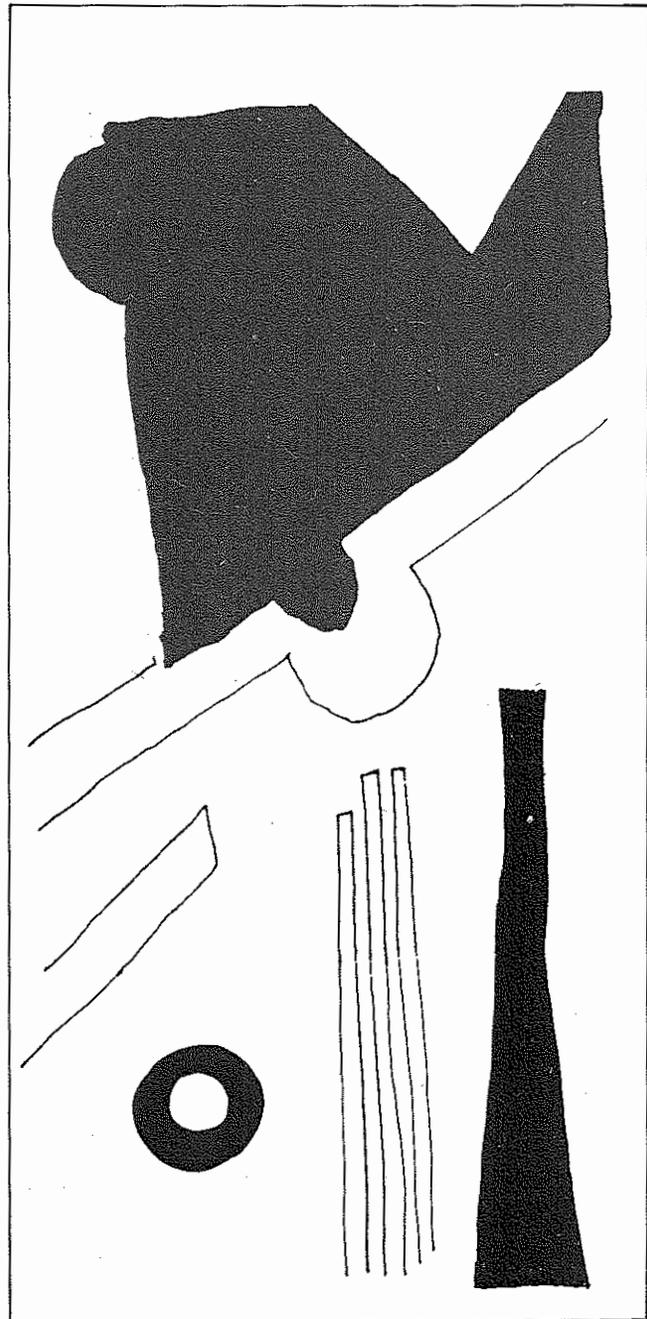
Así también la coordinación implica asistencia a países en la formación de sus cuadros profesionales. En este campo, y para tal efecto, se han establecido acuerdos con entidades regionales, a fin de capacitar técnicos en distintas disciplinas y preparar entrenamientos prácticos en los países más avanzados en actividades geotérmicas. Esto será logrado mediante la institucionalización de 6 cursos latinoamericanos sobre temas relacionados con la energía geotérmica: Geovulcanología, Geofísica, Geoquímica, Ingeniería de Producción, Perforaciones e Ingeniería de Reservorios. Los cursos han sido estructurados para llenar las necesidades fundamentales del desarrollo geotérmico de la región, se impartirán anualmente con duración aproximada de 3 meses, y con sede en distintos países. Los 2 últimos han sido ya impartidos en México, con participación de 44 profesionales originarios de 10 países.

A mediano plazo, la OLADE prevé la integración de la geotermia en el cuadro de la oferta energética en la mayoría de los países latinoamericanos. Se piensa que con los trabajos de exploración ya iniciados, se podría contar con las primeras unidades geotérmicas en el curso de la presente década, abriendo con ello las posibilidades de desarrollo intensivo de nuevas áreas que, con la producción geotermoeléctrica, se integren a la actividad productiva de los países. Dentro de este marco operativo, precisamente la OLADE ha realizado varios programas, tal como se descubre en la 1ª parte del presente.

Por otro lado, frente a la incosteable integración a las líneas de transmisión o canales de distribución energética convencional de la población rural de

América Latina, que alcanza a más de la mitad de su total, la OLADE prevé impulsar la explotación geotérmica de media y baja entalpía, hacia los logros de desarrollo productivo y económico en estas zonas de menos recursos.

Nota: En la preparación del presente artículo, se agradece la valiosa colaboración del Prof. Franco Barberi de la Universidad de Pisa y del Dr. Merla de G.I., por las discusiones conceptuales sostenidas.



EL VIENTO COMO ALTERNATIVA ENERGETICA EN AMERICA LATINA

1. INTRODUCCION

Uno de los recursos más abundantes en América Latina es, sin duda, el viento.

Aunque la energía eólica no pueda competir en escala con otras fuentes de energía, ésta aparece como una alternativa bastante atrayente para la región.

Sus características son adecuadas para ser consideradas como una opción importante para dotar al medio rural de América Latina de un suministro energético adecuado con su desarrollo.

El agua que riega la agricultura de la región y abastece su ganado o la electricidad que suple las necesidades domésticas y productivas de la gran población rural de América Latina pueden ser perfectamente obtenidas a través de los sistemas conversores de energía eólica (SCEE), también llamamos máquinas de viento.

Estas dos aplicaciones de la Energía Eólica, es decir bombeo de agua y aerogeneración de electricidad, son las de más larga utilización en la actualidad. Por eso, la Organización Latinoamericana de Energía, OLADE, dedicó sus esfuerzos en la elaboración de una metodología para el aprovechamiento de la Energía Eólica en América Latina que contemplase la implementación masiva de los SCEE en el medio rural latinoamericano.

Sin embargo, antes hay que conocer muy bien el recurso en cada sitio que se elija para la instalación de una máquina de viento. La evaluación del po-

tencial energético eólico a escala regional está siendo realizado por OLADE como parte de su programa en esta área. El objetivo es la elaboración de un Atlas Eólico Regional, lo que permitirá seleccionar las áreas de mayor interés por este recurso y dotarlas de suministro energético a través de esta fuente.

El factor humano no fue olvidado dentro del programa de OLADE. Por medio de cursos y seminarios se buscó la capacitación técnica complementaria de los especialistas de la región que se hacen cargo de los programas de Energía Eólica en sus respectivos países. Este componente del Programa Regional de Energía Eólica generó tres publicaciones de real importancia para cualquier proyecto eólico que se quiera establecer:

- Prospección, Evaluación y Caracterización de la Energía Eólica;
- Aerogeneración de Energía; y,
- Molinos de Viento para Bombeo de Agua.

OLADE también prepara el inventario de la tecnología disponible en América Latina para enfrentar los proyectos eólicos, pues cree que las soluciones energéticas regionales pueden ser encontradas en la propia región.

El presente trabajo tiene como objetivo, dar a conocer algunos aspectos de la utilización del viento como fuente de energía, así como los lineamientos generales del Programa Regional de Energía Eólica de OLADE y convocar una vez más a los países de la región para participar en este programa de integración latinoamericana.

2. PROSPECCION DE ZONAS Y SITIOS DE INTERES

La exploración del viento puede establecerse a tres niveles de resolución: la regionalización del viento, la prospección de zonas con buen potencial eólico y la localización de sitios para un aprovechamiento óptimo.

Para la regionalización de los vientos, indudablemente que la red meteorológica de un país y su información histórica son de vital importancia.

Por otra parte, es necesario desarrollar una metodología de análisis sobre cartas, que permitirá localizar zonas con vientos, determinando la correlación adecuada entre factores topográficos y climatológicos, asociados a una zona de vientos predominantes relativamente constantes o de periodicidad bien definida.

A nivel de localización de sitio, la inspección visual de la topografía local, la evidencia ecológica y la colocación de anemómetros en diferentes sitios para mediciones simultáneas, permitirá localizar el sitio adecuado.

La determinación del sitio adecuado, es relativa a la aplicación que se pretenda hacer de la energía eólica, dada su magnitud y los requerimientos a satisfacer. No es lo mismo localizar una aerobomba para un pozo artesiano, donde es el pozo lo que determina el punto de aplicación, a la localización de un aerogenerador de 1 MW de capacidad instalada interconectado a una línea de subtransmisión o de distribución eléctrica.

Aquí es donde surgen preguntas asociadas a la factibilidad del aprovechamiento de la energía eólica, ellas son:

a) ¿En qué lugares existe viento con la suficiente intensidad como para ser económicamente útil?

b) ¿Cuáles son las cantidades anuales de energía del viento que pueden ser esperadas en un determinado sitio?

c) ¿Cómo se distribuye el viento en el tiempo, durante el día, el mes o el año y aún en períodos más largos?

d) ¿Cuáles son las duraciones probables de vientos de alta velocidad o de períodos de calma y sus frecuencias durante un determinado tiempo?

Localizar un buen lugar para aprovechar la energía del viento es equivalente a localizar la veta de algún mineral. Una estructura geológica determina la posibilidad de la existencia de determinados minerales, una prospección detallada localiza las vetas. En esta comparación el papel del geólogo y del meteorólogo son semejantes. Al igual que el papel del especialista en eoloenergética y el directamente enfocado a la prospección de minerales. Lugares con elevado potencial eólico, al igual que un yacimiento mineral, corresponden a características muy específicas del sitio.

Deslindado esto, ¿Cuáles son las características del viento y en consecuencia las influencias topográficas, que interesan para su aprovechamiento energético?

Por cuanto a su dirección, el que los vientos dominantes prevalezcan un gran porcentaje de tiempo, indica la uniformidad de los gradientes de presión que los origina; cambios constantes de dirección alrededor de la dominante, son indicativas de turbulencia local que lo demerita. Por lo que a la velocidad respecta, es necesario conocer la distribución estadística de velocidades en períodos diarios, mensuales y anuales. El dato de la velocidad media, anual es indicativo de lo que puede esperarse.

Se han mencionado ya algunas características topográficas que indican un lugar con buen potencial eólico.

La localización de estos sitios se puede hacer en base a cartas topográficas y climatológicas, ya que fuertes desniveles e isobaras muy juntas son indicativos de fuertes gradientes de presión responsables de vientos de naturaleza regional. En el sitio específico, la evidencia ecológica es importante, ya que se manifiesta como deformaciones en los árboles al estar sujetos a esfuerzos continuos ocasionados por los vientos dominantes, siendo el grado de esta deformación indicativa de su velocidad media.

Por otra parte, un buen punto para aprovechamiento eólico tiene que sobresalir sobre las irregularidades del terreno u otros obstáculos: edificios, árboles, rocas, o estar alejados al menos 100 metros, si se requiere de un flujo lo menos turbulento posible.

Además de las velocidades medias, es necesario conocer las velocidades instantáneas de rachas de viento, que si bien no contribuyen en nada a la energía que se obtiene del viento, dada la inercia de los equipos conversores, es importante conocerlas para considerar los esfuerzos instantáneos a que se sujetan tales equipos. Ya que éstos pueden estar localizados a una altura diferente de 10 metros sobre el suelo, o las mediciones se hacen a la altura deseada o se establece el patrón vertical de distribución de velocidades para ese punto.

Por lo antes mencionado, se infiere la necesidad de una metodología de prospección de este recurso. Para la generación de electricidad con SCEE de mediana y gran capacidad (« 100 KW) en instalaciones unitarias o en conjuntos, la metodología de la prospección y evaluación de sitios, cubre las siguientes seis etapas:

ETAPA 1. Obtención y Análisis de Datos

a) Datos meteorológicos existentes*

1. Temperaturas
2. Precipitación
3. Viento en superficie

4. Viento en la atmósfera libre

5. Registros horarios de viento

- Intensidad
- Persistencia

*Mensuales, estacionales y anuales

b) Mapas topográficos de la zona en estudio

ETAPA 2. Investigación de Campo

Esta etapa está orientada a realizar una compilación de información sobre la región en estudio, sobre los siguientes aspectos:

- a) Uso potencial del suelo
- b) Modalidades de propiedad de la tierra
- c) Vías de comunicación
- d) Recursos naturales
- e) Distribución de la población
- f) Otros aspectos de interés.

ETAPA 3. Prospección del Recurso Eólico en un Area Definida.

Una región interesante desde el punto de vista de su potencial eólico, puede quedar físicamente limitada a áreas restringidas, como resultado del análisis de la etapa anterior. Así, las áreas potencialmente aprovechables serán estudiadas para determinar la distribución espacial del viento, ésto se hará con una red de anemómetros de relativo bajo costo.

ETAPA 4. Verificación de Area

Habiendo localizado los lugares de interés, se procederá a caracterizar el viento en ellos. Esto se hará utilizando equipo de mayor calidad y costo. Si las primeras tres etapas se orientaron a determinar intensidad, duración y variación estacional del viento para detectar aquellos lugares de mayor interés energético, en esta etapa se recaba información de interés en relación con el SCEE, al caracterizar el viento en el área.

ETAPA 5. Estudios Específicos en los Sitios de Instalación de Grandes SCEE

Este análisis meteorológico en el sitio específico en que se pretende instalar grandes SCEE, requiere de torres de medición con sensores de velocidad, temperatura y presión a varios niveles, que permitirán caracterizar el comportamiento de la capa inferior de la atmósfera, por cuanto a condiciones de perfil vertical de velocidades, turbulencia, etc., serie de parámetros sobre el comportamiento del viento que tienen incidencia en el funcionamiento, el costo, vida útil, etc., de un gran SCEE.

ETAPA 6. Investigación sobre el Comportamiento y Eficiencia del SCEE.

Esta última etapa, está destinada a simular el comportamiento del SCEE, y la cantidad de energía eléctrica producida, en forma mensual, estacional y anual. De esto no solo se determina el costo total por unidad de energía producida a partir de un SCEE, sino que considerando su condición integrada a un sistema eléctrico, se evalúa también el ahorro de combustible en una termoeléctrica o agua en una planta hidroeléctrica. Este análisis será el que finalmente determine la viabilidad técnico-económica de aprovechar la energía eólica en ese sitio.

Habiendo mencionado a grandes rasgos la metodología para la localización de sitios de interés para generación de electricidad, para ser alimentada a un sistema eléctrico, es conveniente insistir en que dependiendo de la magnitud de la aplicación será la calidad del proceso de selección de sitios.

En términos generales las técnicas de localización de áreas y sitios de interés por su posible potencial energético eólico, las podemos dividir en dos grupos: indirectas y directas, que enumeramos a continuación:

Prospección indirecta:

— Información histórica de parámetros climatológicos,

proporcionados por los Servicios Meteorológicos Nacionales.

- Mapas climatológicos
- Topónimos y referencia oral.

Prospección directa:

- Encuesta
- Evidencia ecológica
- Mediciones in situ.

2.1 Prospección Indirecta

2.1.1 Servicio Meteorológico Nacional

La información histórica de los parámetros climatológicos que los Servicios Meteorológicos de cada país han complicado durante muchos años, es indudablemente el punto de partida para una evaluación de este recurso en cada país de la región; sin embargo, la experiencia ha mostrado que se debe ser cuidadoso al manejar esta información, asegurándose primero de su consistencia y confiabilidad antes de proceder a su análisis.

2.1.2 Mapas Climatológicos

El análisis de mapas climatológicos, es un paso preliminar a la prospección directa, por el cual es posible delimitar zonas con probabilidad de vientos aprovechables.

Esto se basa en que las zonas de transición de un clima a otro, en razón de topografía, orografía, precipitación, humedad, etc., que determinen una respuesta termodinámica diferente al ciclo diario de insolación, lo que dará lugar a vientos locales de carácter advectivo, similares a brisas mar/tierra en función de la diferencia de temperatura en las capas inferiores a la atmósfera durante el día. La figura 1, ilustra lo mencionado.

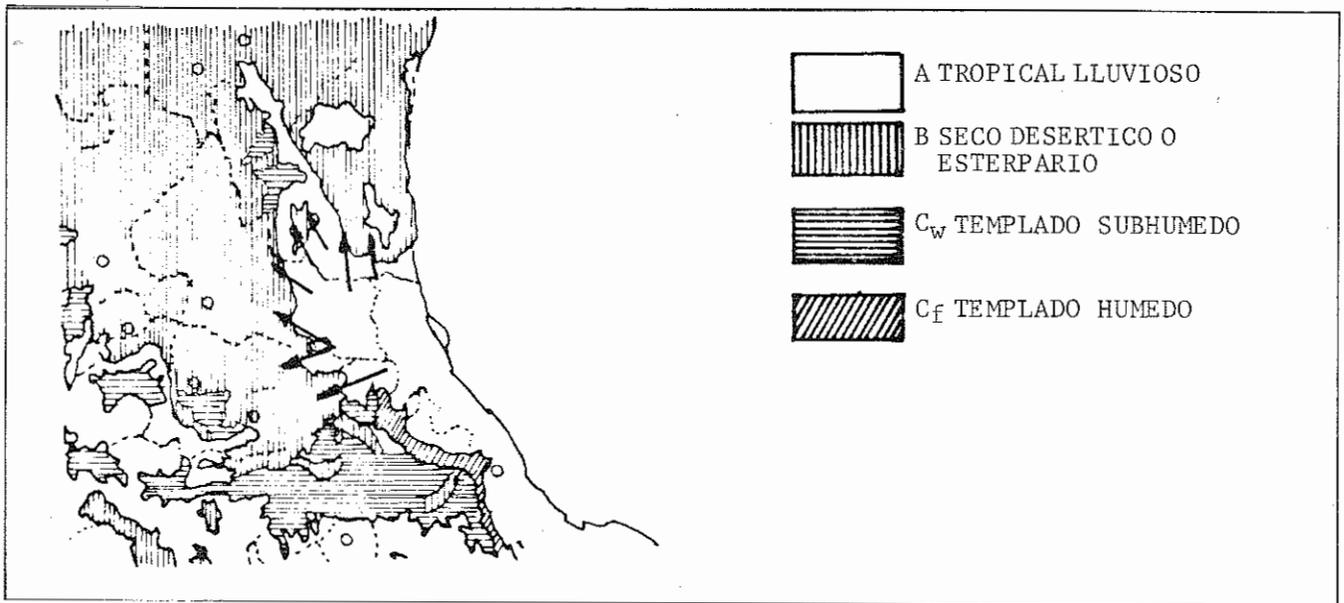


Figura 1 — Esquema de los Límites de un Clima a otro Mostrando la Dirección Probable del Viento Advectivo.

2.1.3 Topónimos y Referencia Oral

Una investigación de topónimos (nombres de sitios) puede significar una buena referencia de áreas con viento fuerte, cuando al ser significativo este fenómeno, de alguna manera se asocia al nombre del lugar. En México, por ejemplo, la zona más importante por su potencial energético eólico, se localiza a los alrededores de una población cuyo nombre es "La Ventosa".

La referencia oral, no es otra cosa que "dicen que hay mucho viento en tal lugar" para lo cual el personal que trabaja en instituciones gubernamentales o ministerios, que tienen que realizar trabajo en las zonas rurales, puede ser una fuente de información de mucho valor.

2.2 Prospección Directa

2.2.1 Encuesta

La encuesta consiste en la búsqueda sistemática y en la región bajo estudio, de la referencia oral acerca de lugares o zonas donde el viento puede ser interesante desde el punto de vista energético.

2.2.2 Evidencia Ecológica

2.2.2.1 Introducción

La evidencia ecológica es básicamente el conjunto de efectos ocasionados por el viento sobre el terreno y la vegetación en un determinado lugar.

Dentro de la investigación para la selección de sitios considerados como probables para el aprovechamiento de la energía eólica, la observación de la evidencia ecológica resulta útil para la obtención de información acerca del comportamiento del viento.

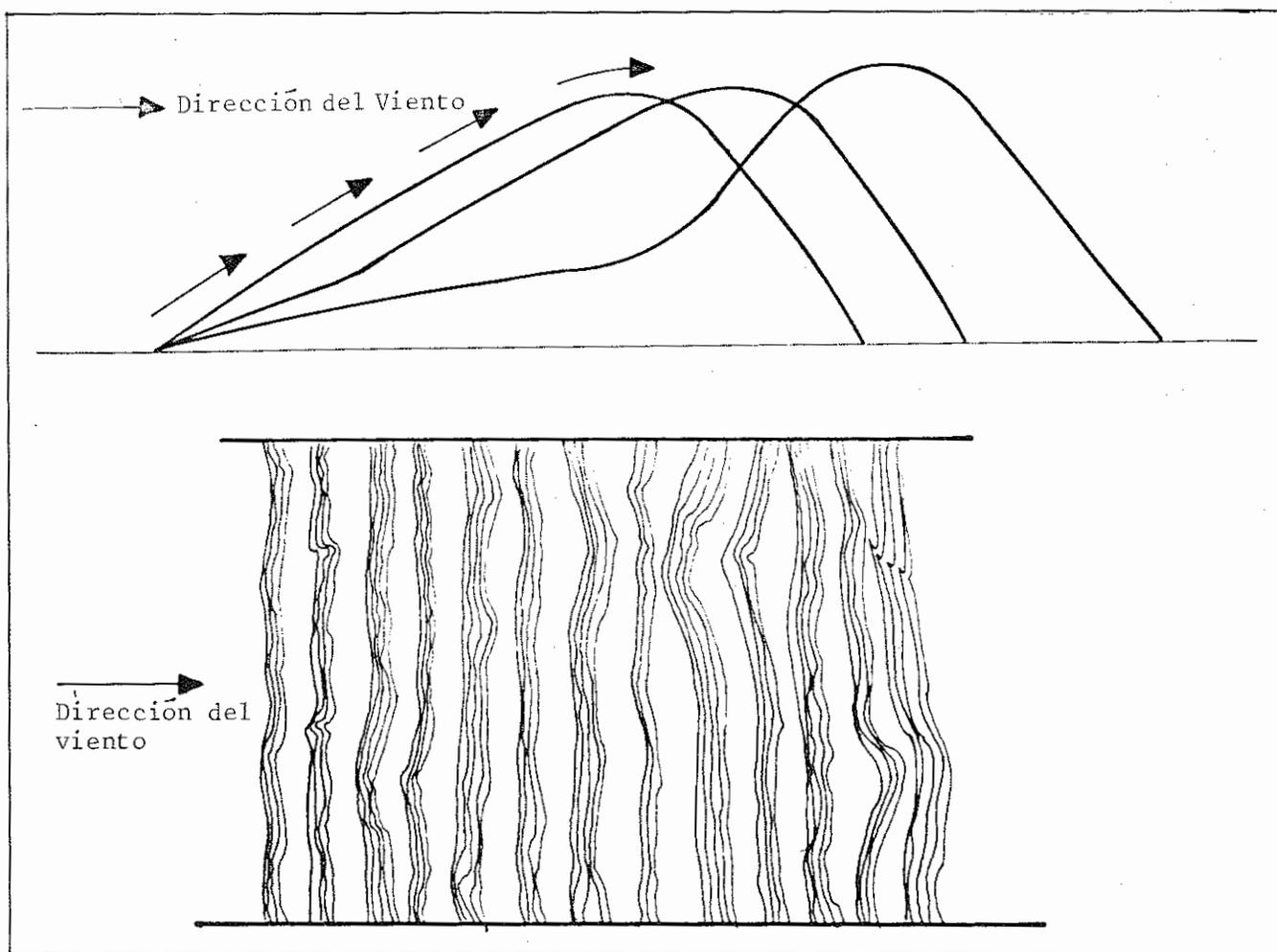


Figura 2 — Formación de Dunas

El principal objetivo de la inspección ecológica es la obtención del rango de velocidades y dirección del viento dominante, dado el ahorro de tiempo de investigación que esto puede significar ya que no es empleado ninguna clase de instrumento. Este tipo de análisis involucra una serie de observaciones acerca del terreno y vegetación bajo el efecto de vientos de determinado rango de velocidades, contando que dichos efectos pueden variar según el lugar y que

esta inspección es sólo un paso preliminar de estudios más precisos sobre el mismo.

2.2.2.2 Clasificación de la evidencia ecológica

- La evidencia ecológica se puede clasificar como:
- Efectos sobre el terreno
 - Efectos sobre la vegetación

Dentro de los efectos ocasionados sobre el terreno debido a su exposición al viento, podemos contar la erosión y la formación de dunas sobre un medio desértico.

La erosión consiste en el desgaste por rozamiento del viento sobre el terreno, aunque éste no puede ser el único agente físico que la ocasione.

La formación de dunas es la acumulación de arena en montecillos por efecto del viento en zonas desérticas, las que se distribuyen como grandes surcos en forma perpendicular a la dirección del viento. Ver Figura 2.

Los efectos en la vegetación causados por exposición al viento son los siguientes:

- Cepillado
- Deformado
- Tendido.

El primer efecto consiste en el simple roce del viento con la vegetación, vientos con velocidad media anual entre (6 y 10 mph) 2.7 y 4.5 m/s. El segundo consiste en la deformación con tendencia al viento dominante entre (8 y 10 mph) 3.6 y 8.5 m/s, y por último el tendido que es básicamente una deformación extrema a solo una escasa distancia del suelo con (22 mph) 9.83 m/s.

Un caso que puede citarse como ejemplo, es el bajo crecimiento de la vegetación en colinas donde la velocidad media anual es mayor de 10.3 m/s (23 mph) en Gran Bretaña.

Una metodología interesante de inspección de evidencia ecológica, consiste en la medición de las proporciones de la excentricidad de los anillos de un corte transversal de un tronco, así como de su deformación de circular a elipsoidal. Esta metodología se puede aplicar sin necesidad de cortar el tronco, tomando dimensiones externas en dos ejes ortogonales y haciendo un taladro de muestreo, para localizar el corazón y medir excentricidad.

Por último, es necesario aclarar que estas técnicas, tienen valor cualitativo generalizado, pero no así cuantitativo, ya que la adaptación a cada habitante específico, puede significar propiedades mecánicas distintas para la madera de una misma variedad de árboles.

2.2.2.3 Métodos de evaluación de velocidad a partir de efectos en la vegetación.

Existen métodos para llevar a cabo la evaluación de la velocidad en un determinado lugar a partir de los efectos en la vegetación tales como:

- Observación de la deformación del árbol
- Cálculo de la relación de deformación.

El primer método es simplemente la observación de la forma del árbol y su comparación con los esquemas que aparecen en la Figura 3, de ahí obtenemos el rango de velocidad media anual especificado en la Tabla 1.

TABLA 1					
VELOCIDAD MEDIA ANUAL SEGUN LA DEFORMACION DE LOS ARBOLES					
Esquema de Deformación	I	II	III	IV	V
Rango de deformación media anual probable, mph	6-10	8-12	11-15	12-19	13-22

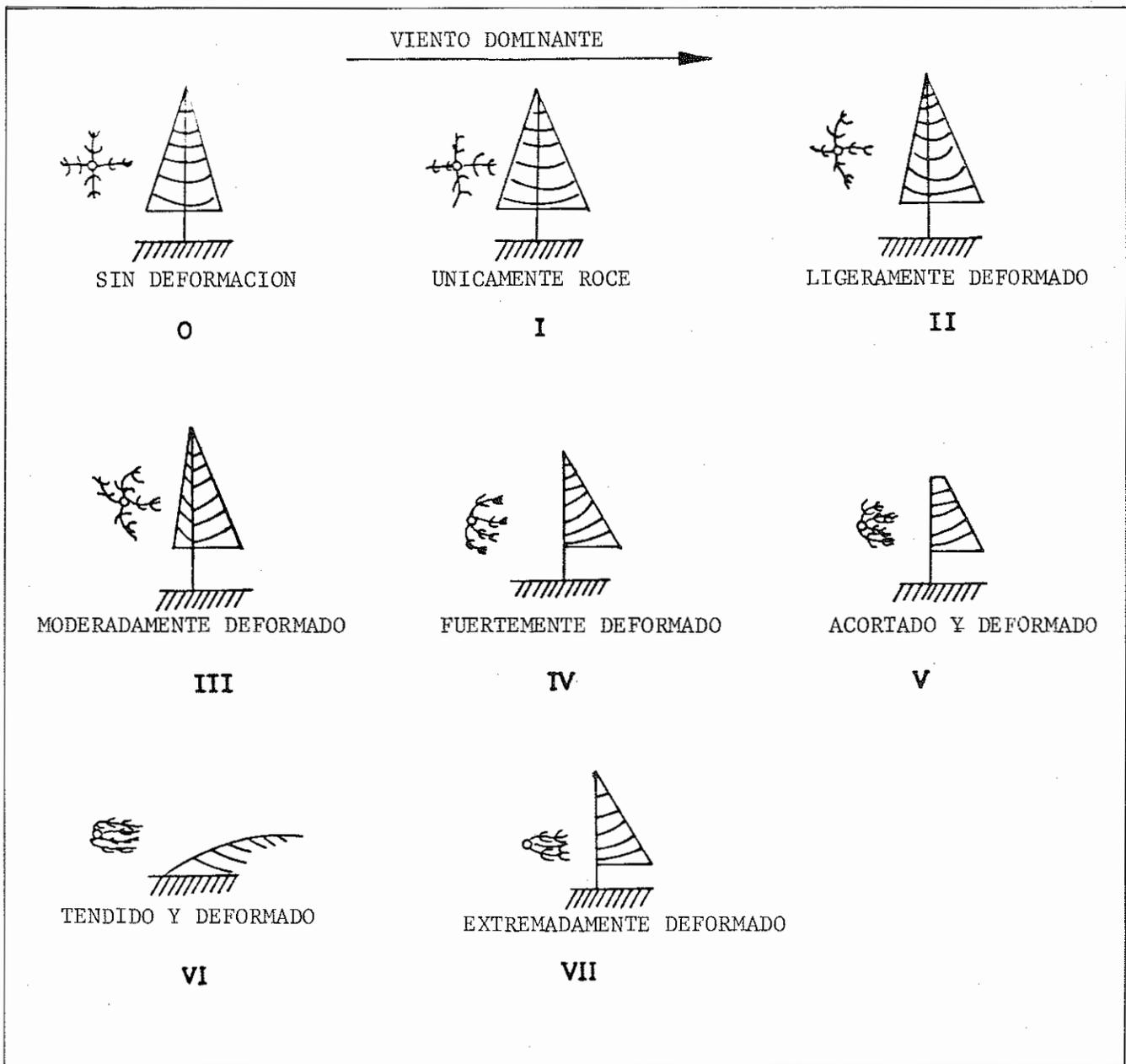


Figura 3 - Esquema según la Escala del Viento basada en la Deformación de los Arboles.

TABLA 2

VELOCIDAD MEDIA ANUAL SEGUN LA RELACION DE DEFORMACION

Relación de Deformación	I	II	III	IV	V	VI	VII
Rango de velocidad media anual probable, mph	4-8	7-10	10-12	12-15	14-18	15-21	16-24

La otra manera es calculando la relación de deformación a partir de una fotografía del árbol tomado en forma perpendicular a la dirección del viento dominante, según la Figura 4, en base a ese valor obtenemos el rango de velocidad que le corresponde según la Tabla 2.

Una precaución que debe tomarse al emplear este tipo de indicadores, es que la ausencia de deformación en un árbol no indica necesariamente que en ese lugar prevalecen vientos débiles, ya que dichos árboles no pueden ser susceptibles a deformación o posiblemente estén expuestos a vientos fuertes en to-

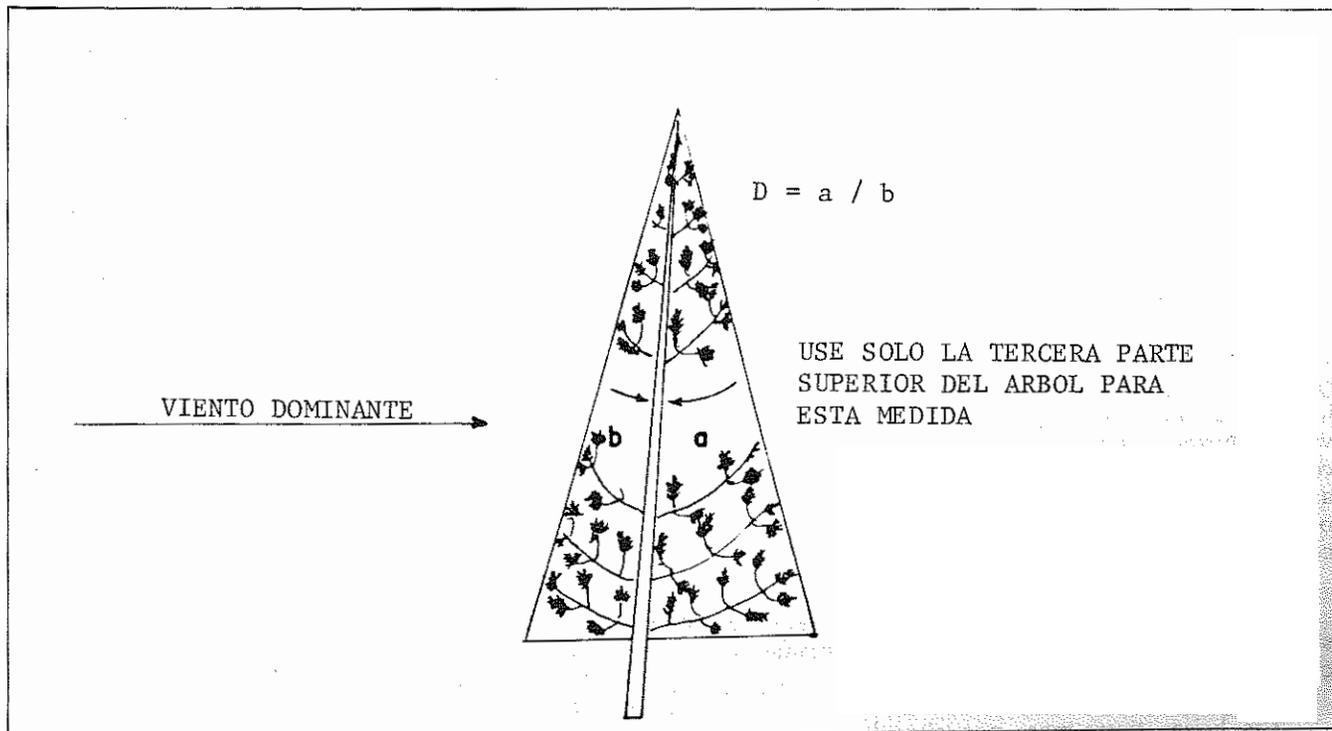


Figura 4 - Relación de Deformación

da dirección. Los árboles empleados para este tipo de análisis, deben ser árboles de hojas perennes, los de variedades caducifolias no sirven para este tipo de análisis, ya que introducen mayor grado de incertidumbre al evaluar el viento.

2.2.3 Mediciones In Situ

2.2.3.1 Selección de sitios

Antes de empezar a medir la velocidad del viento, es necesario seleccionar el mejor sitio posible para instalar el anemómetro. Para este fin será útil reiterar algunos conceptos básicos.

Todos los vientos son básicamente el resultado de diferencias de temperatura en la atmósfera y la influencia de las características superficiales del planeta. Los vientos que son significativos para su aprovechamiento energético, pueden ser divididos en dos categorías: los vientos planetarios y los vientos locales.

Los sistemas de vientos planetarios, conocidos normalmente como vientos prevalecientes, son aquellos grandes movimientos que dominan áreas enteras y muestran características direccionales constantes, variando solamente con el movimiento de sistemas de alta y baja presión y con las estaciones del año. En muchos lugares ellos son los vientos dominantes, y los buenos lugares para un aprovechamiento energético, son aquellos que toman máxima ventaja de los vientos prevalecientes. Las lomas expuestas al viento, líneas costeras expuestas a vientos prevalecientes, una planicie abierta o una meseta, un valle abierto que corre paralelo a vientos prevalecientes, o el lado expuesto al viento de una colina de flancos con suave pendiente.

Los vientos locales, por el contrario son causados por diferencias de temperatura creadas por condiciones topográficas locales.

Las brisas tierra-mar, por ejemplo, que soplan del mar hacia la tierra durante el día, y de la tierra

hacia el mar durante la noche son debidas simplemente a que la temperatura sobre la tierra es más susceptible de cambiar que sobre el océano. Las brisas de valles y montañas son causadas por los mismos efectos locales y en un día tibio y soleado, los vientos pueden destacarse fuertemente del fondo del valle a lo largo de las pendientes de colinas adyacentes.

Seleccionar el mejor sitio en áreas donde los vientos locales son dominantes, o son al menos suficientemente fuertes para modificar el efecto de los prevalecientes, es claramente más difícil; además antes de hacer una selección final del sitio, podrán ser requeridas pruebas frecuentes en varios puntos apropiados.

Independientemente de los vientos que sean dominantes, deberá tenerse cuidado para seleccionar un sitio que tenga la mínima cantidad de obstrucciones para el libre flujo del viento. Grandes obstrucciones como cerros, son propicias para crear "sombras de viento", reduciendo la disponibilidad total del viento. Las obstrucciones pequeñas tales como casas, árboles, lomas pequeñas, o lomas con abrupta elevación detrás del sitio de interés, pueden causar interferencia o turbulencia, inutilizando el flujo de viento aprovechable.

Para la instalación del anemómetro, es necesario fijar las condiciones de emplazamiento despejado, a fin de obtener medidas representativas de la zona, es decir que todo obstáculo (árboles, casas, etc...) deben estar a cierta distancia de la base del instrumento superior a diez veces la altura del obstáculo.

2.2.3.2. Altura de medición

Habiendo localizado el sitio de medición, será necesario establecer la altura mínima para la medición. Convencionalmente esta altura será de 10 metros aunque si la localización de sitios de interés es para fines de aerogeneración eléctrica, y la presencia de árboles y otros obstáculos pequeños condiciona-

rían una altura del aerogenerador superior a 10 metros, entonces la medición se hará a mayor altura. La turbulencia producida por los obstáculos pequeños no sólo reducen la disponibilidad de energía eólica, sino que es nociva para los sistemas conversores de energía eólica al propiciar diferencias de presión y esfuerzos no uniformemente distribuidos en las aspas del rotor.

Un método simple de detectar turbulencias en el sitio de interés, es fijar primero en la punta del mástil del anemómetro uno o dos listones de 1.5 metros. Durante una buena brisa, si los listones flotan rectos y estables, el flujo del viento es uniforme. Pero si bambolean mucho, existe turbulencia y la medición tendrá que hacerse en otro sitio o a mayor altura.

2.2.3 Mediciones

El registro continuo de la velocidad del viento para obtener gráficas de distribución de velocidad, el uso de compiladores electrónicos para obtener el histograma de velocidades y el de rumbos o energía

durante el período, o el uso de anemómetros totalizadores (anemómetro - adómetro) de los que se obtiene velocidad media durante el período, sirven para realizar las primeras evaluaciones energéticas.

Teniendo el anemómetro en funcionamiento, es conveniente cotejar esta información con la del observatorio meteorológico más cercano y establecer alguna forma de comparación para verificar si existe alguna correlación. Si es posible establecer este factor de correlación mes a mes, es factible llegar rápidamente a establecer el comportamiento anual. De no ser así, es necesario prolongar las observaciones por un período largo que permita evaluar variaciones estacionales.

3. AEROGENERACION DE ENERGIA

Existen diversos tipos de Sistemas Conversores de Energía Eólica (SCEE), operando sobre todos ellos la restricción teórica y práctica, por supuesto, de la energía del viento que es posible recuperar.

La figura 5 ilustra el esquema general, en dia-

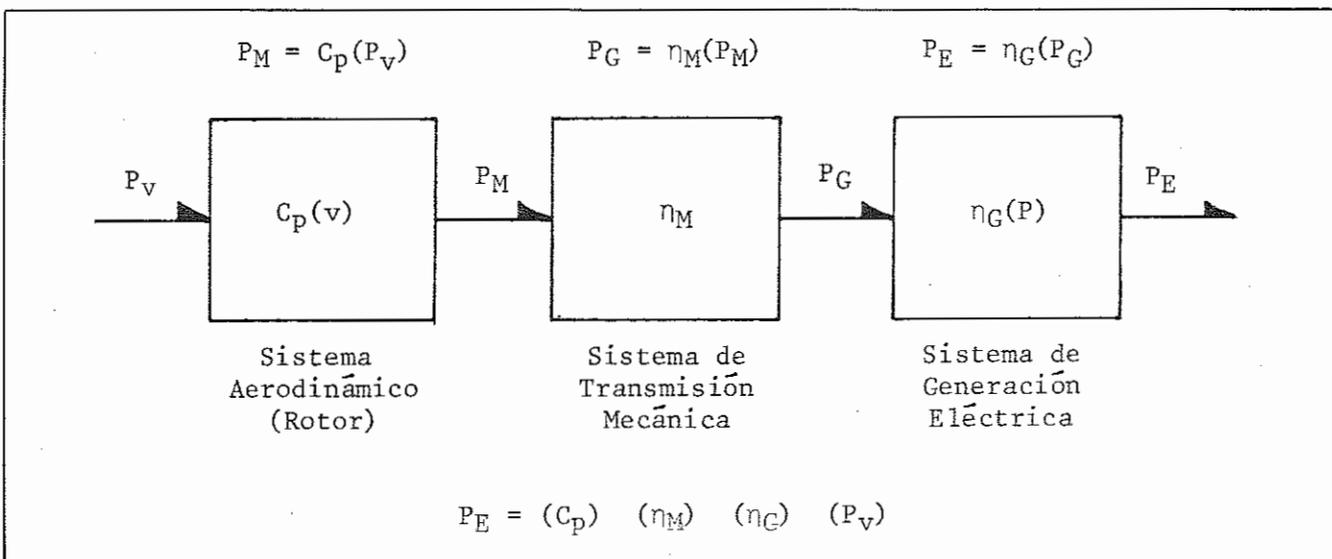


Figura 5 - Diagrama de Bloques para un SCEE.

grama de bloques, de un aerogenerador (o SCEE) para producción de electricidad.

3.1 Esquemas de Generación a partir de un SCEE.

Es el rotor propiamente que obtiene parte de la energía del viento que recibe y se la entrega al sistema de transmisión (59.3% en condiciones óptimas de operación - coeficiente de Betz).

Dado el comportamiento de los rotores, en cuanto a sus rpm **versus** velocidad de viento, durante su operación, pueden ser clasificados en dos grupos:

- a) rpm variables en función directa de la velocidad del viento (velocidad variable, VV);
- b) rpm constantes por efecto de la acción de un gobernador (velocidad constante, VC).

Debido a los diversos tipos de máquinas eléctricas, la generación de electricidad, ya sea corriente directa (CD) o corriente alterna (CA), puede ser efectuada a velocidad angular constante o variable, lo que genéricamente se puede denominar de frecuencia constante y variable respectivamente (FC y FV).

Las combinaciones posibles son cuatro, aunque solamente tres son lógicas, según se muestra en el siguiente cuadro:

		Generadores	
		FV	FC
Rotores	VV	VWFV	VWFC
	VC		VCFC

Las combinaciones lógicas son:

- a) Velocidad Variable, Frecuencia Variable (VWFV).
- b) Velocidad Variable, Frecuencia Constante (VWFC)
- c) Velocidad Constante, Frecuencia Constante (VCFC)

Estas tres configuraciones básicas nos permiten una gran variedad de soluciones tecnológicas, cuya selección, para cada caso particular, deberá considerarse entre otras cosas:

- Meta de costo por KWH,
- Costo por KW instalado,
- Rango o meta de KW nominales del SCEE,
- Generación de CD o CA,
- Utilización del SCEE en forma aislada o acoplada a otra fuente autónoma de energía eléctrica o la red de distribución eléctrica.
- Utilización o no, de algún sistema de almacenamiento de energía,
- Tipo de aplicación de la energía producida.

Estos tres esquemas de generación pueden estar configurados de la siguiente forma:

- I) Velocidad Variable, Frecuencia Variable
 - a) Generador de CA - Rectificación
 - b) Generador de CA - Carga resistiva para calefacción.
- Velocidad Variable, Frecuencia Constante
 - a) Generador de Ca con conmutador
 - b) Generador de Campo Modulado
 - c) Generador de Inducción de doble salida
 - d) Generador de CA - Rectificador - Banco de Baterías - Inversor - Carga
 - e) Generador de CA - Rectificador - Inversor Síncrono - Red Eléctrica
- Velocidad Constante, Frecuencia Constante
 - a) Generador Síncrono
 - b) Generador de Inducción

3.1.1. Sistemas de Velocidad Variable y Frecuencia Variable

Este sistema, utilizado para cargar baterías, es el más usado en SCEE de muy pequeña capacidad (menores a 10KW). En este sistema, un generador de CA con excitación en CD está acoplado a un rotor aerodinámico de velocidad variable, y la salida del generador a frecuencia variable se rectifica para obtener CD, para luego, esta energía ser almacenada en baterías.

Otra de las aplicaciones de este sistema es la generación de electricidad para fines de calefacción, en la cual la corriente generada circula a través de resistencias para producir calor. En esta aplicación lo que vale es la cantidad de energía aprovechada y no la calidad de la corriente eléctrica, en cuanto a estabilidad de voltaje y frecuencia.

Al referirnos a las características de acoplamiento, otra de las posibles aplicaciones de este esquema a ser analizado en detalle, es la utilización directa de la energía eléctrica en un motor universal para fines de bombeo de agua, donde el acondicionamiento de energía sea el mínimo indispensable y el costo de esta aplicación sea competitiva económicamente.

3.1.2. Sistemas de Velocidad Variable y Frecuencia Constante

Estos son sistemas de generación donde no existe control del ángulo de ataque de los álabes del rotor y éste gira libremente con el viento. La velocidad angular del rotor, sin embargo, está determinada por las características carga - velocidad, tanto del rotor, como del generador. La eficiencia del rotor, en convertir la energía del viento en energía mecánica (Coeficientes C_p), es óptima a solamente un valor de la relación, velocidad angular del rotor/velocidad del viento; relación que se expresa normalmente como de velocidad de la punta del álabes/velocidad del viento, expresada por λ_0 . De esta manera, es posible, en un sistema de este tipo, permitir que el rotor gire con velocidad proporcional a la

velocidad del viento, programando la carga eléctrica para el generador de acuerdo a la velocidad de aquel. Esta llevaría a una solución óptima al problema de la eficiencia total de conversión de energía eólica a mecánica.

Un sistema de velocidad variable, optimizando el coeficiente de potencia, es más complicado que uno de velocidad constante.

La energía eléctrica en frecuencia variable debe ser convertida a frecuencia constante, para su aprovechamiento en equipos y dispositivos eléctricos convencionales.

3.1.3. Sistemas de Velocidad Constante y Frecuencia Constante

Para un sistema de generación con energía eólica, acoplado a una red eléctrica, el problema de una disponibilidad variable de energía eólica, puede ser adecuadamente solucionado con sistemas VCFC. Debido a que en el sistema eléctrico se mantienen constantes el voltaje y la frecuencia.

Un generador síncrono acoplado a un rotor eólico e interconectado a la red, solamente puede girar a una sola velocidad: velocidad síncrona.

Un generador de inducción en el sistema eléctrico gira a una velocidad por encima de la de sincronismo, pero no muy diferente. Normalmente la velocidad de deslizamiento es del 1 al 5% de la velocidad síncrona, la cual es muy pequeña comparada con las variaciones en la velocidad del viento. Por lo tanto, esos dos sistemas que deben mantener velocidad constante, debido a restricciones de tipo eléctrico impuestos por la red, independientemente de cual sea la velocidad del viento, se clasifican como de VCFC y requieren, por lo tanto, de sistemas mecánicos de gobernación en el rotor.

Las figuras 6, 7, 8 y 9 indican los esquemas de frecuencia constante para velocidad constante y velocidad variable, así como características de tipo operacional.

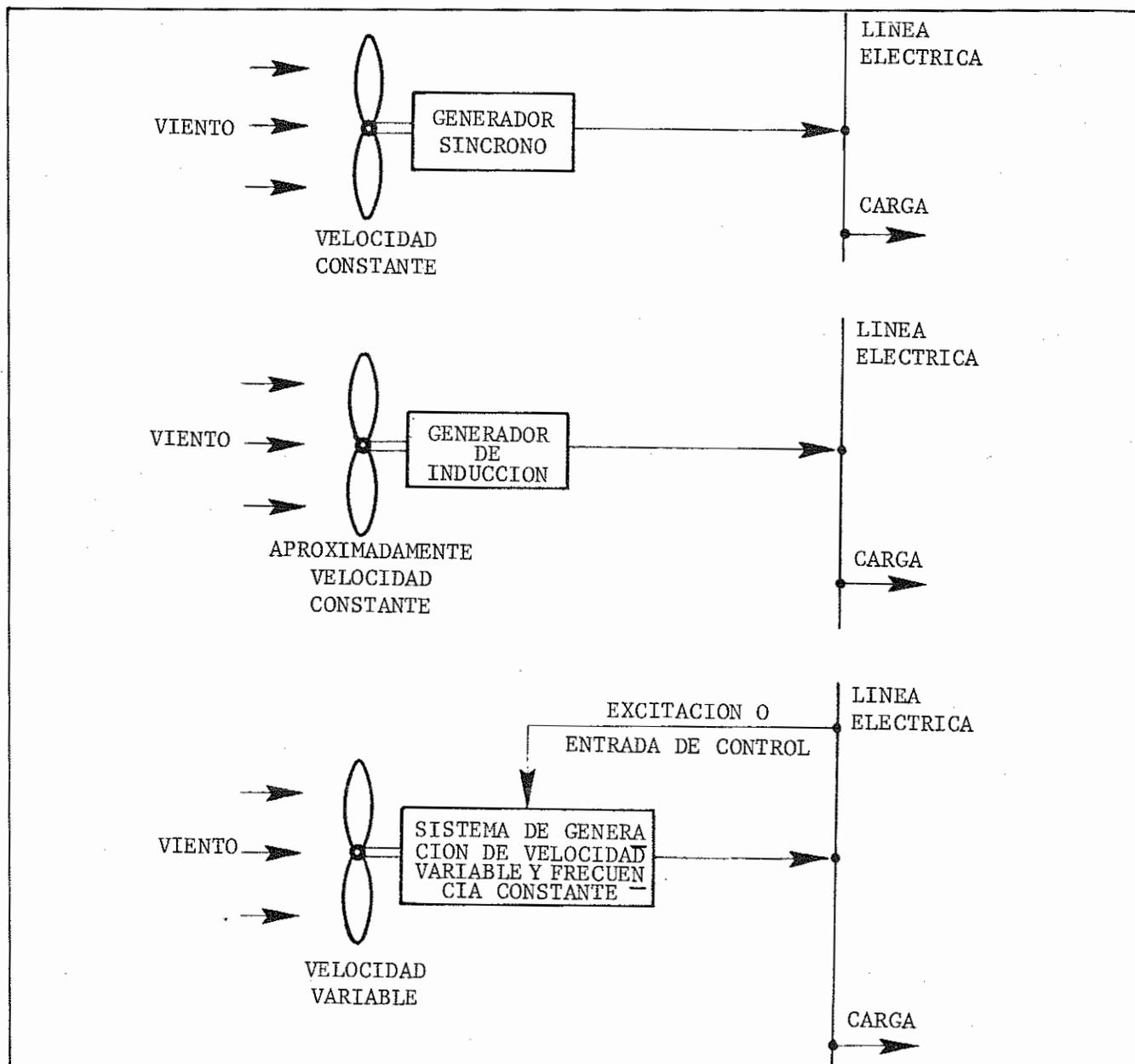


Figura 6 — Esquemas para Generar CA a Frecuencia Constante a Partir de Energía Eólica.

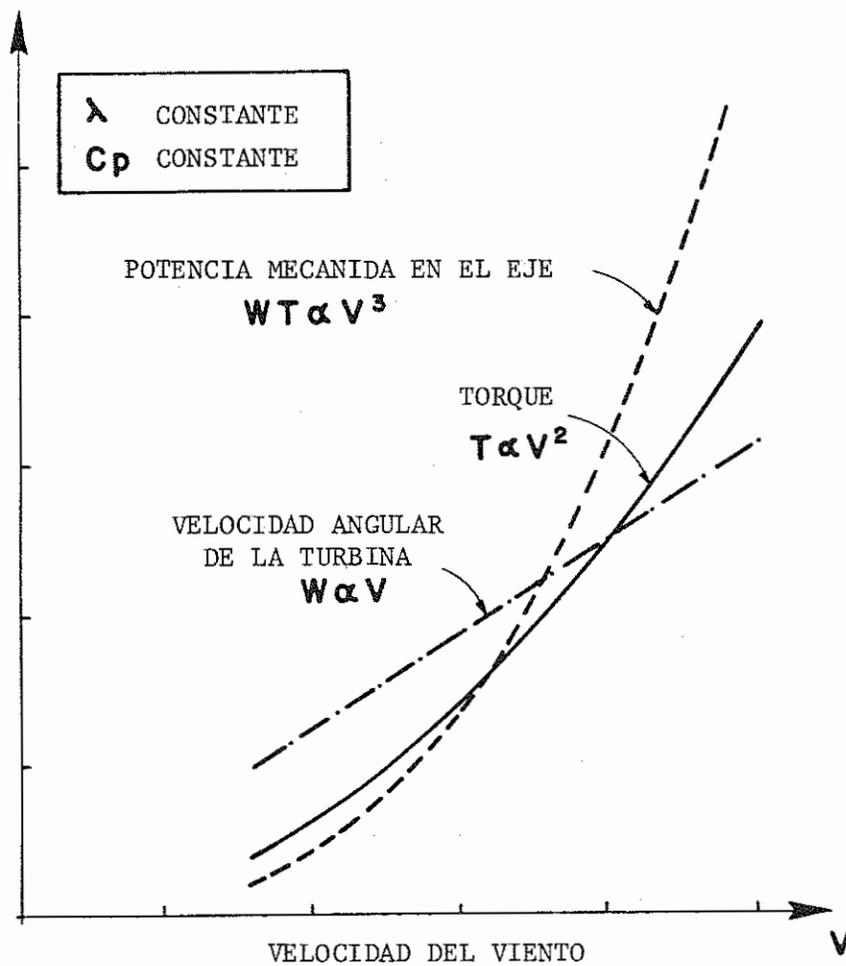
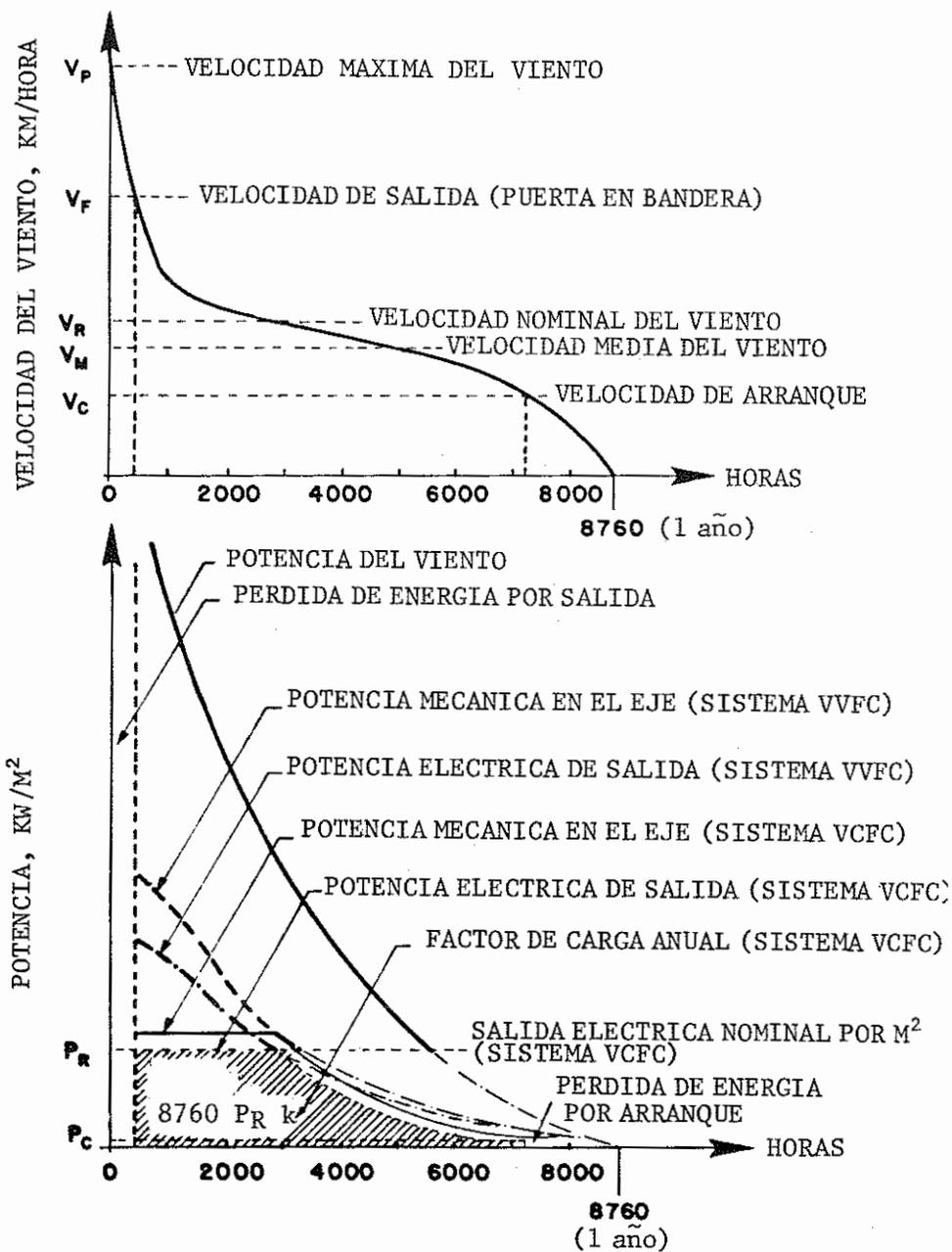


Figura 7 — Condiciones Ideales de Operación para Sistemas de VVFC



salida energía (KWh/año/m²) = 8760 P_R k

Figura 8 — Comparación de los Esquemas de VVFC y VCFC

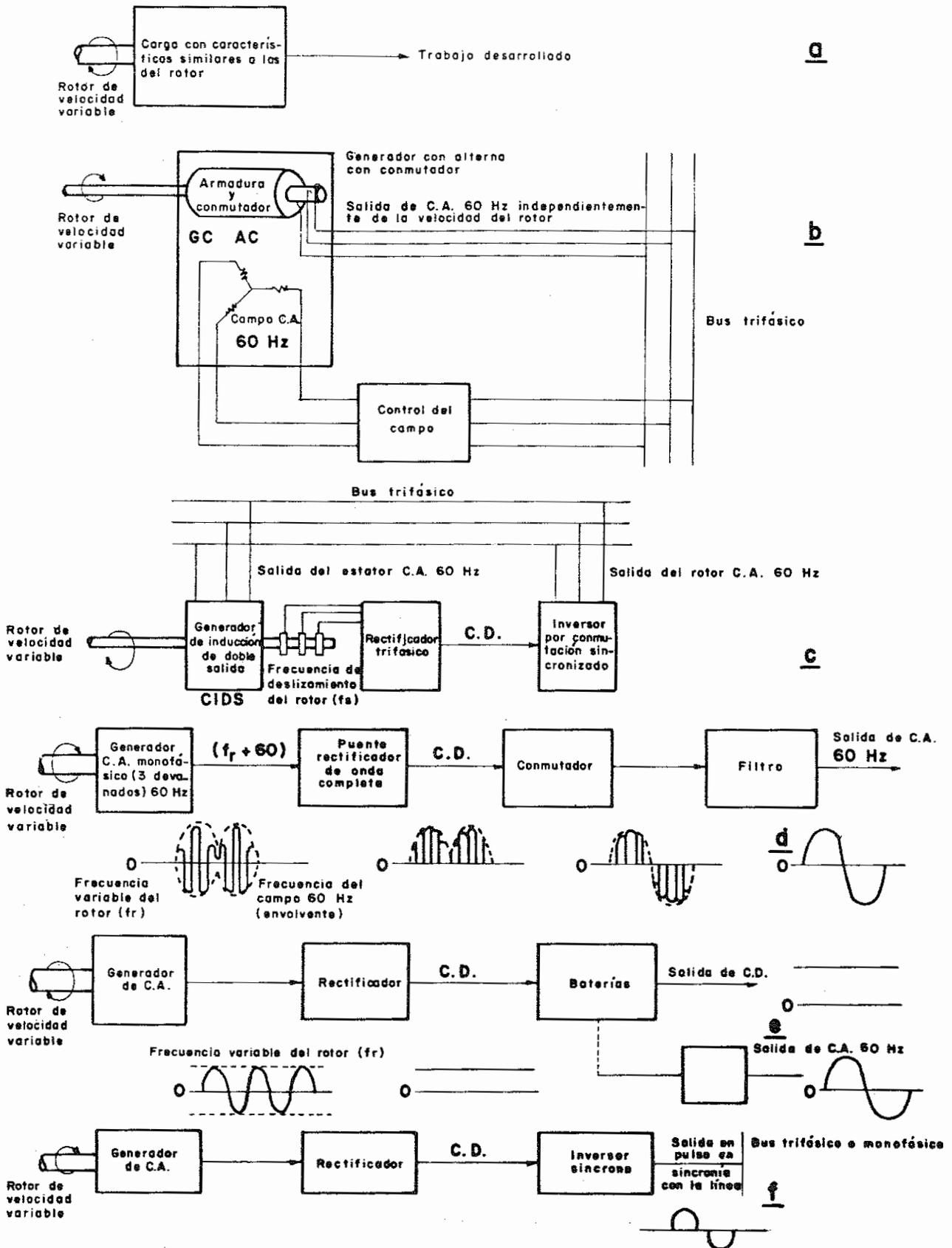


Figura 9 — Esquemas de Sistemas de Generación de VVFC y VCFC y Características de Tipo Operacional.

4. BOMBEO DE AGUA POR MOLINOS DE VIENTO

La aplicación más trascendental de la Energía Eólica es, sin duda, el bombeo de agua a través de molinos de viento.

Los sistemas de bombeo utilizando energía eólica pueden ser clasificados según los siguientes criterios:

- Por su capacidad de bombeo expresada como rangos de potencia disponibles y alturas de elevación del agua.
- Por los procesos de conversión de la energía eólica a la específica requerida según el tipo de bomba que se utiliza.
- Por el grado de sofisticación tecnológica de su diseño, procesos de fabricación y requerimientos de operación.

Para fines prácticos, la clasificación por capacidad viene a ser la más significativa ya que ello determina el tipo de aplicaciones. Esta clasificación comprende dos grandes grupos de equipos:

- I. Equipos de potencias del orden de 0.5 a 3 HP, en su gran mayoría de diseños autóctonos y fabricación artesanal, haciendo uso de bombas reciprocantes o rotatorias de baja velocidad, orientadas a satisfacer necesidades limitadas y puntuales de bombeo de agua. Estos equipos pueden ser utilizados para fines de irrigación, cuando por las condiciones del lugar pueden instalar en forma masiva.

Dentro de este grupo de aerobombas, está incluida la de tipo americano de aspas múltiples, que constituye el único modelo de fabricación industrial establecida y confiabilidad comprobada.

- II. Equipos a nivel de desarrollo conceptual o etapa experimental en un rango de 10 a 100 kW, basa-

dos en aeromotores de alta eficiencia, proporcionando a la bomba energía en forma eléctrica, mecánica o neumática.

Por lo que respecta a los procesos de conversión, según el tipo de bomba que se utiliza, las que pueden ser de los siguientes tipos:

- a) Reciprocantes
 - Pistón simple, metálico de fabricación industrial
 - Pistón de madera, artesanal
 - Pistón de doble acción, industrial
 - Inercial, de construcción artesanal o industrial.
- b) Rotativas de baja velocidad
 - De cadena y paletas cuadrada, artesanal
 - Centrífuga de baja velocidad, artesanal
 - Centrífuga tipo "aspersor", artesanal
 - Tornillo de Arquímedes
 - Cilindro rotativo, artesanal
 - Rotor helicoidal, industrial
 - Tubo enrollado, artesanal
 - Bomba peristáltica, artesanal.
- c) Rotativas de alta velocidad
 - Bomba vertical de tazones
 - Eléctrica sumergida
 - Rotativa de desplazamiento positivo
- d) Bomba Neumática
 - Aire comprimido
 - Pistón hidráulico.

Desde el punto de vista de la sofisticación tecnológica de diseños y procesos de fabricación, de las unidades pequeñas en uso, únicamente la aerobomba tipo americano, representa un desarrollo de ingeniería que involucra procesos de fabricación que comprenden: estampados, fundición, forja, maquinados y galvanizados por inmersión, que requieren de una instalación industrial apropiada.

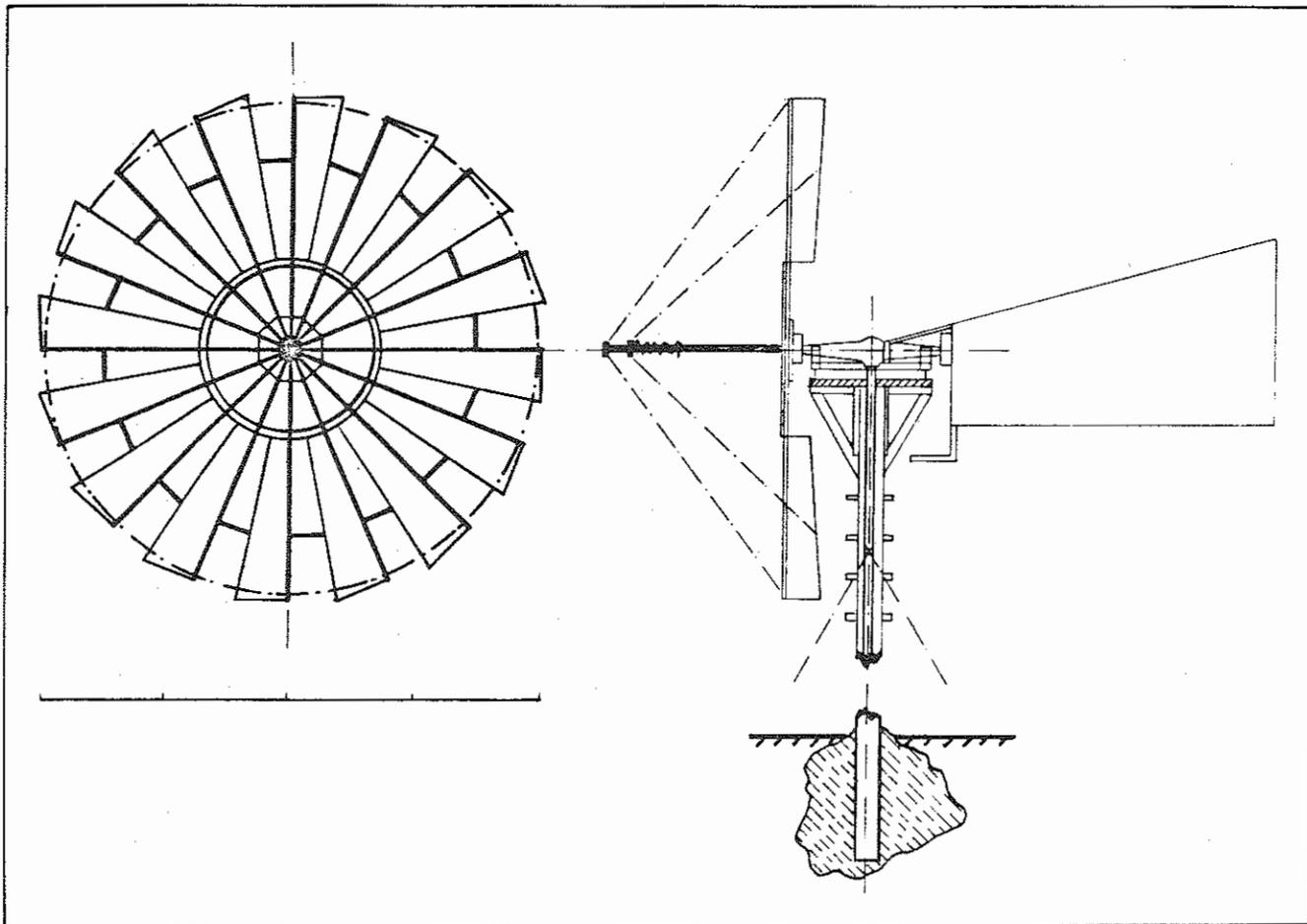


Figura 10 — Aerobomba tipo Americano

4.1. Consideraciones Técnicas y Económicas bre Aerobombas

El molino de viento modelo americano mostrado en la Figura 10, fue el único modelo que sobrevivió al advenimiento de la máquina a vapor, de los motores de combustión interna y a la electrificación rural.

Este tipo de aerobomba, cuyo diámetro del rotor varía de 6 a 16 pies nominales (1.8m a 5.0m)

es adecuada para pequeñas aplicaciones, tales como, suministro de agua para una familia, su huerto y sus animales, así como para alimentar abrebaderos en zonas de pastoreo.

Su fabricación persiste en los E.U.A., Europa, Australia, Argentina, Brasil, Chile, México entre otros, con licencia o modificaciones, dada la expiración de patentes. Sin embargo, su utilización en los países en vías de desarrollo, no ha sido tan grande

como podría serlo, por falta de adecuada difusión, así como por el hecho de que muchas de sus ventajas económicas se pierden al no ser de fabricación nacional y tenerse que someter a importación.

En general, para los países intertropicales que no producen estos equipos, se presentan los siguientes problemas para una amplia difusión de ellos:

- A. Las aerobombas de importación representan una alta inversión de capital, si se les compara con una bomba diesel de capacidad similar. Debido a una vida útil mucho más larga y costos de operación muy reducidos, el costo por volumen unitario bombeado es más barato con la aerobomba. Sin embargo, la falta de capital o de financiamiento, puede hacer que la menor inversión en planta diesel resulte más atractiva a corto plazo.
- B. El gran volumen y peso de estas aerobombas, diseñadas en una época en que la robustez significaba confiabilidad, aumentan significativamente su costo de transporte, resultando casi siempre mayor que el de una bomba impulsada por un motor de combustión interna.

El costo de transporte internacional, de una de estas aerobombas, llega a representar hasta el 100% del precio de fábrica.

- C. La falta de información técnica sobre estos equipos, destinada al usuario provoca problemas que van desde una selección incorrecta del tamaño del rotor y de la bomba, así como falta de refacciones. Esta falta de información crea un círculo vicioso cuyo resultado es un volumen muy reducido de ventas, en el cual el distribuidor busca un margen de ganancia muy superior al aplicable a productos de mayor movimiento.
- D. Debido a que los modelos de aerobombas que existen en el mercado, fueron diseñadas en su mayor parte hace varias décadas, resultan demasiado intensivas en materiales y por consiguiente

caras en el mercado actual. Sin embargo, los fabricantes de estos equipos se muestran reacios a invertir en rediseñarlos y reequipar las plantas para producir un equipo más económico ya que la desventaja mencionada en el punto B sólo se manifiesta en relación al diminuto mercado de exportación.

- E. La manufactura local de estas aerobombas bajo licencia, tiene la limitación de la gran inversión en herramental y equipos necesarios para llevar a cabo los procesos involucrados en su fabricación como son: estampados, forjados, fundiciones y galvanizado por inmersión.
- F. La mayor parte de los países que más se beneficiarían con el uso de aerobombas, se encuentran localizados en latitudes tropicales con regímenes de viento moderados. Esto provoca que aún los tamaños más grandes de estas aerobombas no entreguen agua suficiente, aún para las mismas aplicaciones para las que fueron diseñados en sus países de origen, todos ellos con regímenes de viento significativamente más altos.

Las características generales de la aerobomba tipo americano son:

- Alto costo de capital,
- Larga vida, típicamente 30 años, aunque es frecuente encontrar unidades funcionando con más años.
- Bajo mantenimiento,
- Altura de bombeo disponible hasta 300m.,
- Su fabricación requiere de procesos industriales maduros en la tecnología del acero,
- La ingeniería de su diseño está muy evolucionada, y
- Disponible en el mercado internacional de exportadores.

La figura 11 muestra el costo del kWh equivalente para bombear agua, según los diámetros de los rotores y las velocidades medias anuales del sitio de uso.

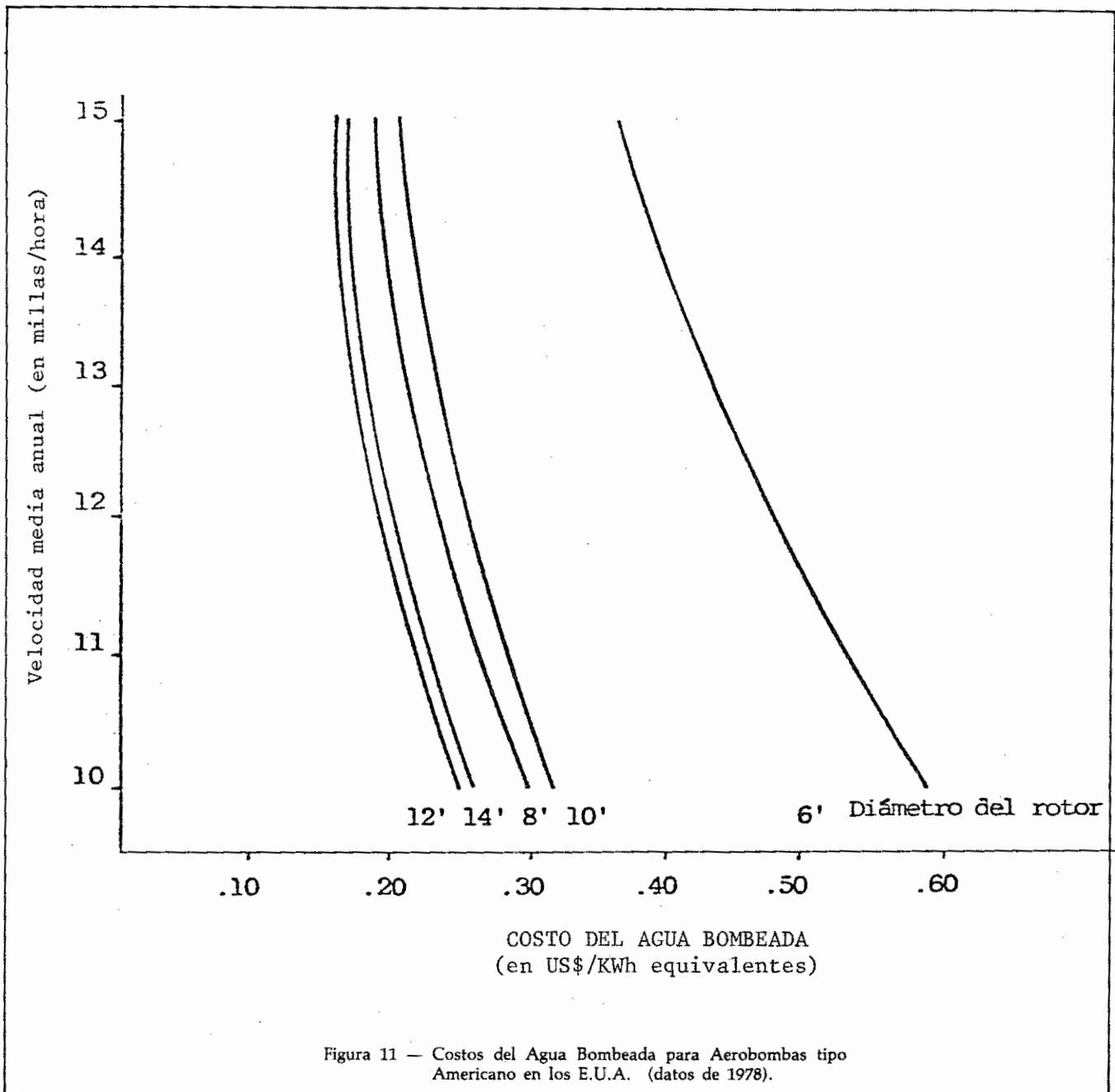


Figura 11 — Costos del Agua Bombeada para Aerobombas tipo Americano en los E.U.A. (datos de 1978).

5. EL PROGRAMA REGIONAL DE ENERGIA EOLICA DE OLADE

Reconociendo la importancia de la Energía Eólica como fuente alterna a las actualmente en uso, OLADE está proponiendo una metodología para el aprovechamiento de este recurso en América Latina y el Caribe, estructurada como muestra el diagrama de abajo.

Acciones de base

I. Evaluación del Recurso Energético Eólico Regional.

En base a las informaciones meteorológicas disponibles en los distintos países de la Región, OLADE está elaborando un Atlas Eólico de América Latina que permitirá conocer, aunque con ciertas limitaciones, su potencial energético eólico.

Con esto, se tendrá un importante instrumento de análisis para definir cuáles son las áreas más promisorias para implementación de programas utilizando sistemas conversores de energía eólica.

Las áreas elegidas del programa serán objeto de un estudio más exhaustivo del recurso eólico así como del desarrollo de proyectos piloto con fines demostrativos y de evaluación adicional del viento en distintas áreas.

II. Inventario de la Tecnología Disponible en la Región.

OLADE está detectando e inventariando la tecnología disponible en América Latina y el Caribe relacionada con la Energía Eólica, tanto a lo que se refiere a las investigaciones realizadas por los diversos organismos especializados en la Región, como a la capacidad de producción de equipos para satisfacer a la demanda potencial de las áreas elegidas del programa.

El acervo de la experiencia adquirida en investigación, desarrollo y demostración de sistemas orientados al aprovechamiento de la energía eólica en la

mayoría de los países de la Región, servirá de base para el establecimiento de proyectos optimizados, atendiendo las necesidades específicas de cada zona.

El inventario permitirá conocer las ventajas y desventajas de cada tecnología y, en consecuencia, inferir las soluciones más adecuadas así como las combinaciones posibles entre las tecnologías convencionales y las nuevas.

III. Cursos - Seminarios

Este componente del programa es de fundamental importancia y busca la capacitación técnica complementaria de los expertos que en la Región estarán a cargo de los proyectos que utilizan la energía del viento.

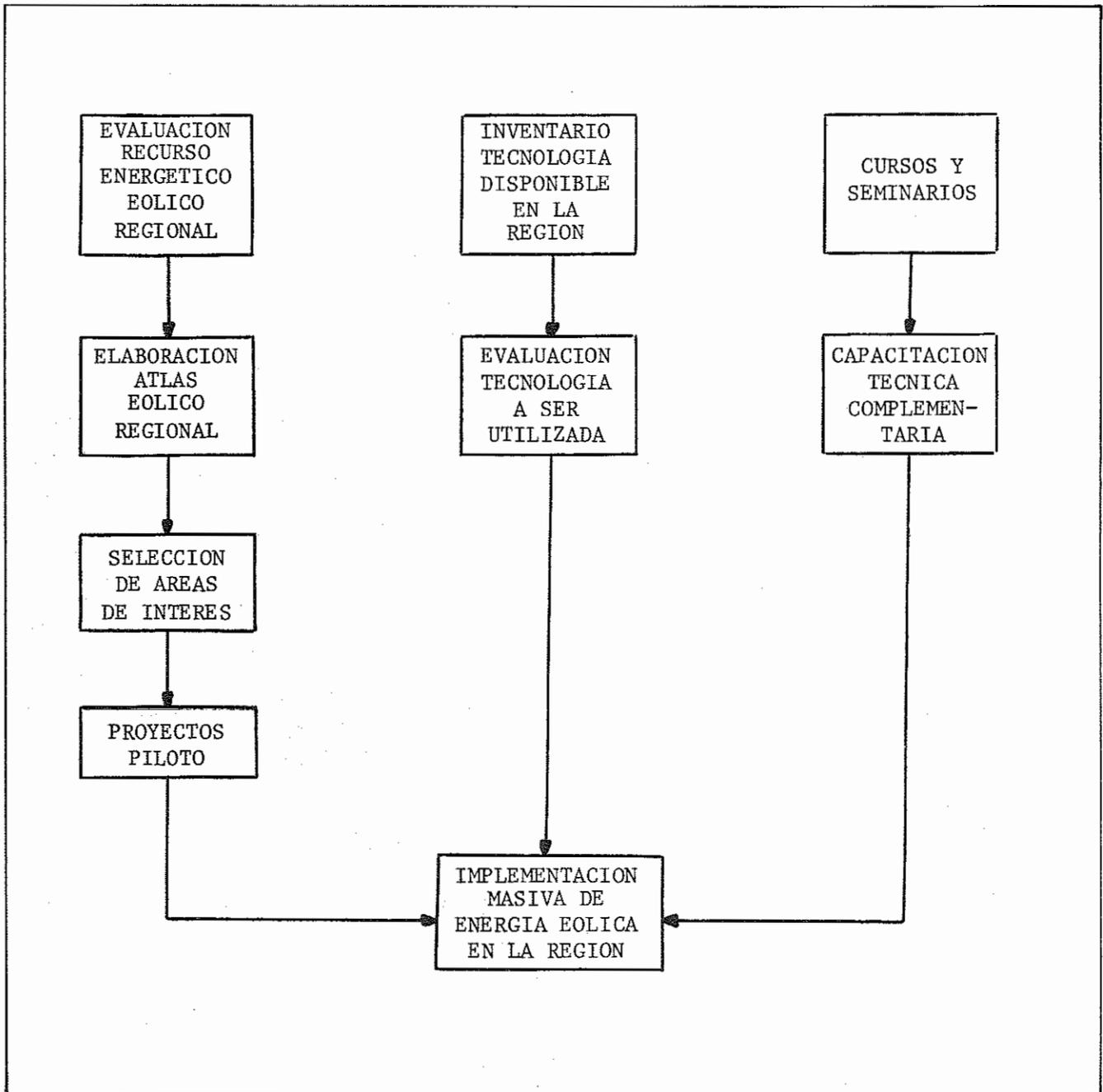
A tal efecto, OLADE realizó los siguientes eventos.

- Curso - Seminario Latinoamericano sobre Prospección, Evaluación y Caracterización de la Energía Eólica en Cuernavaca, México del 26 al 30 de mayo de 1980.
- Curso - Seminario Latinoamericano sobre Aerogeneración de Energía en Río de Janeiro, Brasil del 1° al 5 de septiembre de 1980.
- Curso - Seminario Subregional de Energía Eólica para los Países Miembros de OLADE de habla inglesa en Barbados, Caribe del 26 al 29 de enero de 1981.
- Curso - Seminario Latinoamericano sobre Molinos de Viento para Bombeo de Agua en Lima, Perú del 3 al 7 de agosto de 1981.

Los eventos antes mencionados generaron tres documentos técnicos que pueden servir como guía básica a todos los proyectos que utilizan la energía eólica.

VI. Implementación Masiva de la Energía Eólica en América Latina

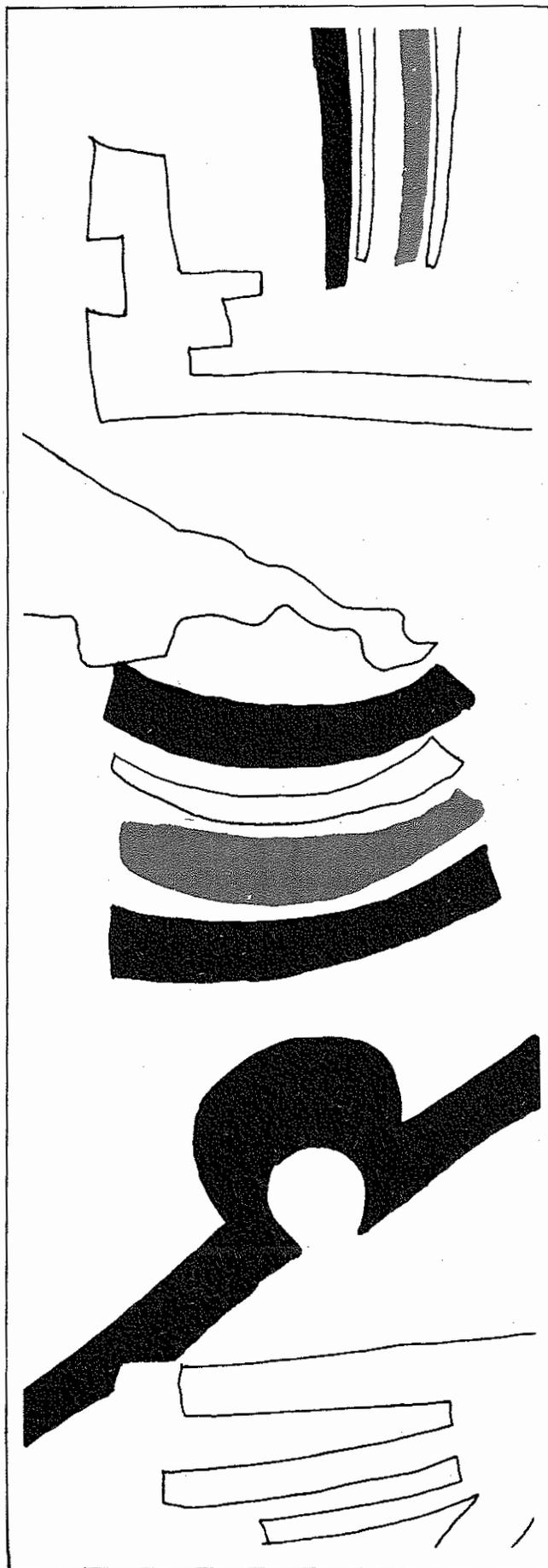
Este es el objetivo final del Programa Regional de Energía Eólica de OLADE.



Como puede inferirse, una de las premisas de este programa, parte del supuesto que una de las variables posibles para mantener a la población rural en su medio está implícita en la decisión de hacerla partícipe de los beneficios del desarrollo técnico, posibilitándole el acceso a un nivel de calidad de vida superior al actual.

El suministro de energía convencional a la población dispersa o concentrada en pequeños núcleos humanos resultó hasta hoy difícil, cuando no imposible, en razón de los criterios de rentabilidad de servicio.

En este contexto aparece la Energía Eólica como una alternativa energética para la región y dispuesta a luchar por su lugar entre las otras fuentes utilizadas en América Latina.



BIOGAS Y DESARROLLO EN AMERICA LATINA

UNA PRIMERA EXPERIENCIA REGIONAL

I EL BIOGAS COMO RECURSO

Es ampliamente reconocido en nuestros días, que las Fuentes No convencionales de Energía contribuyen en buena medida en el abastecimiento energético de América Latina y, nuevos esfuerzos se hacen día a día para ampliar esa contribución y reducir la alta dependencia de las Fuentes Tradicionales, reconociendo como tradicional al consumo del petróleo y sus derivados.

Una de las fuentes que viene adoptando una posición de alta prioridad, dado su magnitud de aporte y su ritmo de implementación, es el Biogas, debido no solo a su gran potencial de desarrollo, sino a su factibilidad de auto-impulsarse en las áreas rurales, especialmente en las más aisladas, donde puede llegar a alcanzar un desarrollo impactante. Claro está, que deberá concederse un tiempo prudencial para que logre su incursión, absorción y aceptación en el mercado.

El término biogas o tecnología del biogas, debe ser ampliado para conocer sus verdaderas bondades, pues su acción no puede ni debe verse únicamente como un recurso energético (importante ya de por sí), ya que posee una acción directa en la prevención de la deforestación de la masa boscosa acción que incide directamente en la protección del ecosistema. De la misma manera contribuye en la parcial solución de los problemas sanitarios y de contaminación ambiental, al utilizar y reciclar desechos

orgánicos (animales, vegetales, agroindustriales y humanos).

Del proceso de degradación y digestión —responsable de la generación del biogas— se obtiene un desecho, que puede ser líquido o sólido, con alto contenido de Nitrógeno y que se considera un abono o fertilizante de óptima calidad y competitivo con los de origen químico.

Estos subproductos de comportamiento similar al humus, permiten un mejoramiento en la calidad del suelo agríesto que incide directamente en el incremento de la producción de alimentos e, indirectamente en el mejoramiento de la calidad de vida del habitante del área rural. Esta última consideración podría coadyuvar en la reducción de la ya alta tasa de migración campo-ciudad.

Es importante hacer notar que otra de sus características, por demás interesantes y que debe facilitar tanto su explotación como su difusión es, su independencia de transporte del fertilizante producido, por cuanto, en la mayoría de comunidades rurales son prácticamente inexistentes los sistemas viales que, podrían facilitar el traslado de algunos químicos de los centros de producción a los centros de aplicación.

Socialmente el biogas se constituye en un recurso alrededor del cual se establece un desarrollo de pequeños núcleos comunales del área rural, mediante

la producción de energía y nutrientes orgánicos, trayendo como intangible beneficio la deducción de problemas sanitarios y ecológicos (este último a mediano y largo plazo).

Económicamente puede asegurarse en base a la experiencia ganada y, considerando los costos de selección, construcción, mantenimiento, intereses, depreciación e imprevistos, que para plantas de biogas no mayores de 20 m³ de capacidad (pequeña escala y familiar no mayores de 8 miembros), el costo instalado de kilowatios hora es de US \$0.40, lo cual indica costos competitivos con otras fuentes energéticas.

Además, de acuerdo con estudios realizados por PNUD-OLADE las estimaciones (optimistas) de posibles volúmenes de producción de biogas, expresados en toneladas equivalentes de petróleo (t.e.p.) y considerando condiciones ideales, prevén que para 1985, la contribución del biogas será de 45.50 t.e.o. y para 1995 de 69.85 t.e.p. lo cual correspondería a US \$10,682 millones y US \$16,404 millones, respectivamente en los años citados (considerando un precio de US \$32.00 por barril o US \$235.00 por tonelada métrica). Además en este análisis superficial no se adjudica el valor de la producción del abono orgánico, cuyo volumen debe oscilar entre 12 y 16 toneladas métricas por año por planta.

En resumen puede decirse que el biogas pertenece por mérito propio, al grupo de "tecnología de las alternativas agro-orgánicas en el medio agrícola", es decir, apoya los procesos naturales de producción de energía, alimentos, salud.... pero en forma descentralizada.

Más importante aún, el biogas no es solamente una tecnología: también implica la introducción de conceptos novedosos o diferentes en medios rurales que, por tradición, son cerrados al cambio. Como cualquier cambio introduce riesgo, desorden, salirse de las costumbres, ver las cosas de otra manera.... muchas reaccionan negativamente, levantando barreras o bloques mentales para protegerse.

De allí que las alternativas energéticas (biogas en este caso) no solo basan su futuro en el uso de equipos, aparatos o herramientas sino, también en la generación de nuevas formas de pensar para organizar la acción o acciones que se pretendan llevar a cabo.

Dentro de este mismo orden de ideas, debe considerarse que las tecnologías prevalecientes forman el carácter del, o de los sistemas económicos imperantes, pues no son elementos neutrales por cuanto su escogencia determina quién trabaja, dónde se trabaja, que recursos utiliza, cuánto se gana y qué grado de preparación académica se necesita.

Con esta conceptualización, el Programa Regional de Biogas —OLADE desarrolló el Proyecto Piloto de Capacitación, Construcción y Demostración de Plantas de Biogas en Areas Rurales de sus países de LATINOAMERICA, cuyos aspectos relevantes se detallan a continuación.

II. PROYECTO PILOTO DE CAPACITACION, CONSTRUCCION Y DEMOSTRACION DE PLANTAS DE BIOGAS EN AREAS RURALES DE SEIS PAISES DE LATINOAMERICA

PROYECTO A CARGO DEL PROGRAMA REGIONAL DE BIOGAS-OLADE

II.1 ANTECEDENTES

La definición "Desarrollo de Proyectos Técnicos y Transferencia de Tecnología" que OLADE practica, aunado con el apoyo gubernamental de los países miembros, permitió que un grupo de los principales expertos latinoamericanos en la tecnología del biogas, se reuniera en Quito, Ecuador en Febrero de 1980 para discutir un documento - propuesta que OLADE presentara en esa oportunidad. El resultado de esa reunión fue la aprobación del documento y a partir de ese momento se constituye como la base del Proyecto Piloto.

II.2 OBJETIVOS

Los objetivos básicos se detallan a continuación:

- II.2.1. Transferir la tecnología en biogas mediante la capacitación del apoyo técnico local.
- II.2.2. Demostrar la viabilidad del biogas en pequeña escala en las áreas rurales mediante:
 - II.2.2.1. Producción de combustible (Biogas).
 - II.2.2.2. Producción de nutrientes orgánicos (Bio-abono).
 - II.2.2.3. Mejora de las condiciones ecológicas y sanitarias del medio rural.

II.2.3 PROMOVER, COORDINAR Y ORIENTAR EL DESARROLLO DEL BIOGAS EN LOS PAISES MIEMBROS DE OLADE.

Para conseguir el logro de los objetivos propuestos, se estableció como mecanismo directo, la construcción de 60 digestores, distribuidos en seis países de la Región (Bolivia, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica y Nicaragua), usando los sistemas que habían demostrado su efectividad amén de ser fácilmente transferibles,* a saber:

- a) Discontinuo OLADE - Guatemala.
- b) Semicontinuo de desplazamiento horizontal XO-CHICALLI.
- c) Semicontinuo de desplazamiento horizontal IIE-MEXICO.
- d) Semicontinuo doméstico chino.

Se esperaba que una vez logrados los objetivos propuestos, los gobiernos involucrados, desarrollarán sus propios programas de Biogas, no sólo en pequeño sino que también en mediana y gran escala, de acuerdo a sus necesidades y acomodando su aplicación a otras áreas como la industria agropecuaria, tratamiento de basuras y aguas negras.

II.3. IMPLEMENTACION:

El proceso de sensibilización en los miembros de OLADE, se realizó para determinar a los países que manifestaban interés en la adopción de la tecnología del Biogas, no como un **sustituto energético**, sino como una fuente paliativa y renovable; así como una experiencia en el proceso de transferencia de tecnología. Dentro de ese contexto se realizaron visitas por parte de la coordinación general a los países donde se conduciría el proyecto (Bolivia, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica y Nicaragua) en los meses de octubre de 1979 a enero de 1980.

Los contactos iniciales se hicieron con los Ministerios o Direcciones que se relacionaban con el sector Energía y fueron ellos quienes designaron a las instituciones que actuarían como contraparte de OLADE en la ejecución del proyecto.

De acuerdo a la estrategia adoptada, OLADE desarrolló las siguientes actividades, con el fin de capacitar y entrenar a los técnicos de los gobiernos involucrados, así como a otros de países miembros que habían demostrado su interés.

- a) Cuatro (4) cursos prácticos sobre construcción de plantas de biogas en Ecuador, Guatemala, República Dominicana y Grenada.
- b) Dos (2) reuniones del grupo de asesores, en Ecuador y Jamaica.
- c) Un (1) curso teórico - práctico sobre biogas, en Guatemala.
- d) Una (1) reunión de Coordinadores, en Ecuador.
- e) Un (1) seminario sobre Biogas, en República Dominicana.
- f) Una (1) reunión de Evaluación, en Ecuador.
- g) Dos (2) seminarios de Bioenergía, en Atlanta, USA y Brasil.

La asistencia global a las actividades fue de 381 participantes de 26 países.

Dentro de la implementación, los problemas más relevantes se centraron en la etapa constructiva y es-

tos problemas que se consideran inherentes a este tipo de proyectos de desarrollo innovativo, fueron solucionados en su gran mayoría. Algunos de ellos fueron enfocados en forma objetiva, logrando la generación de técnicas autóctonas y motivando la creatividad de los responsables contraparte. Pueden citarse entre ellos: La técnica del Ferrocemento, localización de acceso al anterior de las plantas, indisponibilidad inmediata de materiales de construcción.

Por otra parte, la crisis económica que viven no sólo los países involucrados en el proyecto, resultó en demora de la ejecución de las obras, demora que no permite establecer a este momento la operatividad total de las plantas.

El siguiente cuadro muestra el estado actual de todas las plantas construidas.

II.4. CONCLUSIONES

Se presentan aquí las conclusiones que OLADE considera más relevantes.

CONCLUSIONES

Se presentan aquí las conclusiones que OLADE considera más relevantes.

IV.1 Debe concederse un lapso de tiempo prudencial a fin de determinar la eficiencia en la operatividad de TODAS las plantas.

IV.2 La mayoría de las plantas arrojan costos superiores a lo previsto, pero se debió a la forma

CUADRO RESUMEN:

TIPO DE PLANTA	En operación	Próxima a operar	No opera*	TOTAL
China	16	02	00	18
Xochicalli	03	05	01	09
OLADE - Guatemala	04	11	00	15
IIE - México	00	08	00	08
TOTAL	23	26	01	50

*Una planta se encuentra fuera de operación por hundimiento del terreno y 10 plantas más fueron construidas a lo largo de la realización de los cursos prácticos.

en que fue contratada la mano de obra (específicamente para la obra). Sin embargo, se considera que es factible reducir hasta en un 50% los costos si se establecen otros mecanismos más apropiados.

IV.3 Se cumplió con los objetivos referentes a la transferencia de la tecnología (Ferrocemento, procedimientos operativos a pequeña escala y aspectos constructivos).

IV.4 La experiencia generada deberá permitir a los gobiernos involucrados, planificar sus propios programas de biogas.

IV.5 OLADE necesitará las estadísticas completas de operación, mantenimiento y seguimiento, con el fin de ofrecer un apoyo técnico más útil y objetivo y, se puntualiza que sin esa información básica, OLADE no podrá generar estrategias y políticas de aplicabilidad técnica y económica.

II.5 Beneficios alcanzados

Es indudable que recién finalizada la ejecución del proyecto, cuesta mucho observar o afirmar categóricamente que los beneficios inmediatos fueron tales o cuales, esto sólo podrá apreciarse con el devenir del tiempo y dependiendo de la forma en que ahora aprovechen los países el recurso obtenido. Sin embargo se describen aquí, la serie de logros más sobresalientes.

a) Se estudia la viabilidad técnica del biogas como fuente alternativa de energía. Específicamente en Bolivia se planea la instalación de 40 digestores más y en Jamaica se han solicitado fondos al Fondo Europeo de Desarrollo para cumplir 2.500 digestores en 5 años.

b) Se introduce el concepto de que la tecnología del biogas no sólo, constituye una fuente de energía sino que además, puede y debe contribuir al mejoramiento de la calidad de los suelos, mediante el uso del bioabono.

c) Se motiva la generación de tecnología local en técnicas de construcción pues las dificultades en manejo sus Ferrocemento se ven superadas y la indisponibilidad de materiales de construcción promueven la búsqueda de materiales alternativos.

d) Se motiva el uso conjunto de otras fuentes de Energía.

e) Se permite a los Gobiernos conocer, evaluar y demostrar una tecnología desconocida localmente, lo cual "mejora la capacidad para apoyarse en el uso de sus propios recursos".

f) Se afianza al biogas como elemento integrante de la política energética de los países.

g) Se contribuye al desarrollo rural por medio del interés generado entre los usuarios.

II.6 Hacia el Futuro

La estrategia sobre la cual se ha basado OLADE, consistió en dar prioridad al desarrollo de proyectos demostrativos, eficaces, para que a su vez, estos sirvieran a los equipos nacionales como base y apoyo para una eventual difusión y aceptación de la tecnología entre los sectores y autoridades correspondientes.

De acuerdo a esta estrategia, OLADE ha cumplido al transferir la tecnología. Ahora queda pues, en mano de las entidades nacionales difundir y promover los resultados obtenidos en esta etapa para crear conciencia pública y generar interés hacia este programa, innovativo desde cualquier órgano que se mire.

ANEXO

Se describe en esta sección, la materia prima y operación de los 4 diferentes tipos de digestores utilizados, así como algunos detalles constructivos, (no son los juegos de planos completos).

Para mayor información dirigirse a:

Programa Regional de Biogas
Casilla 6413 C.C.I.; Telex 2728
Quito, Ecuador

A) DIGESTOR TIPO OLADE GUATEMALA

A.1 MATERIA PRIMA PARA LOS DIGESTORES

Los materiales usados en esta tecnología de baja dilución (40 a 60 o/o de sólidos en solución dependiendo de la densidad del material) son muy variables. Con este sistema se logra digerir metanogénicamente, con alguna variedad, incluso a materiales de muy difícil tratamiento con tecnologías de alta dilución y de carga continua o semicontinua. Preferentemente se mezclan desechos animales con desechos vegetales para lograr una relación adecuada de carbono-nitrógeno y obtener un bioabono de mejores características orgánicas.

Se ha comprobado una digestión eficiente con desechos de cereales (maíz, arroz, trigo), bagazo de caña, pulpa o cascarilla de café, plantas acuáticas, restos de banano, tabaco, frijoles, estiércoles animales en general y basura orgánica compostada.

La proporción en que se puede mezclar el estiércol animal, es conveniente que no sea menor a una tercera parte del volumen, pudiéndose aumentar con vegetales de contenidos muy bajos en materia orgánica y elevados niveles de celulosa. Es también conveniente, considerar la adición de nitrógeno mineral (urea), para mejorar la cantidad del nitrógeno que requieren las bacterias para su acción en el medio.

A.2 OPERACION DEL DIGESTOR

Esta fase se inicia con la carga. El material usado debe ser previamente compostado al aire libre

por 10 o 15 días, lo que además de permitir una fácil iniciación de la digestión, reduce el contenido de humedad de los materiales frescos. Esta acción es necesaria (aunque no indispensable), para facilitar la compactación de la carga dentro del digestor antes de su completa llenada.

En el caso de llenar el digestor con un solo tipo de material, la operación se debe realizar por capas de 30 cm. de espesor compactadas sucesivamente.

En el caso de que la carga se realice con mezcla de materiales, ésta se debe hacer también por capas, alternando los materiales a depositarse.

La compactación requerida permite eliminar las bombas de aire que queden en su interior y a su vez aumentar la capacidad de carga de sólidos.

Una vez llenado el digestor, se satura de agua (preferiblemente con una parte de líquido residual de cargas anteriores) hasta sobrepasar el nivel del sólido a unos 10 cm.

Es importante mencionar que, antes de tapan el digestor se debe esperar que el agua se infiltre en el medio, para evitar descensos inesperados del nivel de agua, lo que no es deseable.

Terminada esta operación se tapa el digestor, se sella herméticamente, se agrega agua al sello respectivo y el proceso de digestión se inicia.

Bajo condiciones ambientales favorables, la producción de gas combustible se observa entre 4 y 10 días después de ser tapado.

El período de digestión, con mezclas adecuadas y condiciones climáticas convenientes, puede tener una duración aproximada de 35 a 45 días, con producciones útiles de gas.

Al momento de observarse una disminución en la producción de gas, (y alcanzar ésta niveles poco útiles), es el momento de proceder a la descarga. Se debe cerrar la válvula de salida de gas en este digestor. La presente operación se realiza destapando el digestor (se vacía previamente el sello de agua)

y posteriormente abriendo el tubo de drenaje para permitir el escape de bioabono líquido, el que se drena hasta completar la decantación (extracción completa de agua), en 48 horas aproximadamente. Al final de este proceso, se procede a la extracción del bioabono sólido y a la consecuente limpieza del digestor para que quede listo a ser cargado nuevamente.

PLANOS A 1 - 2 - 3

B) TIPO SEMICONTINUO DOMICO CHINO

B.1 MATERIA PRIMA PARA LOS DIGESTORES

El digestor chino utiliza todo tipo de desechos agropecuarios, incluyendo excreta humana, recomendándose siempre el uso de mezclas materiales. La técnica de operación china permite la digestión de material celuósico tal como pajas de cereales, pastos, hojas, etc., a condición de cargar el digestor con material pre-compostado aeróbicamente.

Es importante enfatizar que gran parte del éxito de la tecnología china del biogas depende del pre-compostado, ya que proporciona las siguientes ventajas:

- a) Temperatura adecuada para la multiplicación de bacterias aeróbicas y anaeróbicas.
- b) Generación de calor (60-70°C) que libera a las pajas de la capa cerosa superficial, permitiendo la degradación parcial de la celulosa y la lignina hasta su disgregación homogénea en el líquido en digestión, evitando la formación de espumas (natas).
- c) Calor que sirve para elevar la temperatura de la solución inicial de carga.
- e) Degradación parcial de la materia prima inicial, lo cual acelera la producción de biogas combustible.
- f) Obtención de efluentes y lodos más homogéneos y accesibles a las plantas.

Además, es muy importante añadir lodo activado (inóculo), de diverso origen, en la carga inicial hasta un volumen de 10 o/o del total líquido.

B.2 OPERACION DEL DIGESTOR

El digestor tipo chino es de funcionamiento semicontinuo. Se carga, en forma inicial con material pre-compostado a una concentración de 7-15% de sólidos totales en suspensión, se repone periódicamente (diaria, días alternos o semanalmente) con materia prima, de preferencia pre-compostada en una cantidad equivalente al gas producido. Se recomienda recirculación del efluente líquido en forma frecuente.

PLANOS B - 1 - 2

C) TIPO SEMICONTINUO KOCHICOLLI

C.1 MATERIA PRIMA PARA LOS DIGESTORES

Como materia prima para este tipo de digestores, se puede utilizar basura orgánica, aguas negras, estiércoles, desechos industriales orgánicos, residuos de cosechas, etc. A la mezcla de sólidos introducida al digestor hay que añadirle líquido (agua y/o inóculos) hasta obtener 90% de dilución aproximada.

C.2 OPERACION DEL DIGESTOR

Similar a la descrita en el sistema Chino, es decir, su carga es semicontinua o continua, la carga inicial se hace preferentemente con material precompostado. La adición de líquido inicial, preferiblemente mezclada con 30% de líquido residual de otro digestor o de un pozo séptico.

La carga se debe hacer hasta que el líquido cubra la boca del tubo de alimentación. La operación de desnatado se hace 2 ó 3 veces por año. Debe tenerse en cuenta que, a los 15 días de realizada la carga inicial, se forma la primera nata, por lo que hay que drenarse líquido hasta el nivel inferior de la compuerta de desnatado y proceder a extraer por arrastre la nata con un dispositivo diseñado para tal fin.

Es necesario asegurar, que no existan fugas, principalmente a través de los tornillos de la compuerta de desnatado, utilizando selladores adecuados para tal fin o yeso.

Descarga del digestor: debe hacerse en tal modo que, baje a un nivel máximo de 50 cm. del fondo para no detener el proceso. El descargue puede hacerse diariamente, por quincenas, mensualmente, etc. Dos terceras (2/3 partes de la carga diaria puede descargarse como líquido y una cuarta (1/4 parte en forma de lodo.

El agua extraída puede recircularse para economía de la misma, en un volumen no mayor al 30% de la necesidad líquida diaria.

PLANOS C 1 - 2 -

D) TIPO SEMICONTINUO IIE - MEXICO

D.1 MATERIA PRIMA PARA LOS DIGESTORES

Este digestor emplea una tecnología de alta dilución, por lo cual la materia prima que ingresa al mismo, tiene alrededor de 8% de sólidos totales en dilución (en agua y/o inoculante). Se alimenta con el estiércol de 8 a 10 vacas semiestabuladas o con el equivalente de otros animales; se puede mezclar con residuos de cosechas y preparar un pre-compostamiento, de manera que se disgregue la materia orgánica.

D.2 OPERACION DEL DIGESTOR

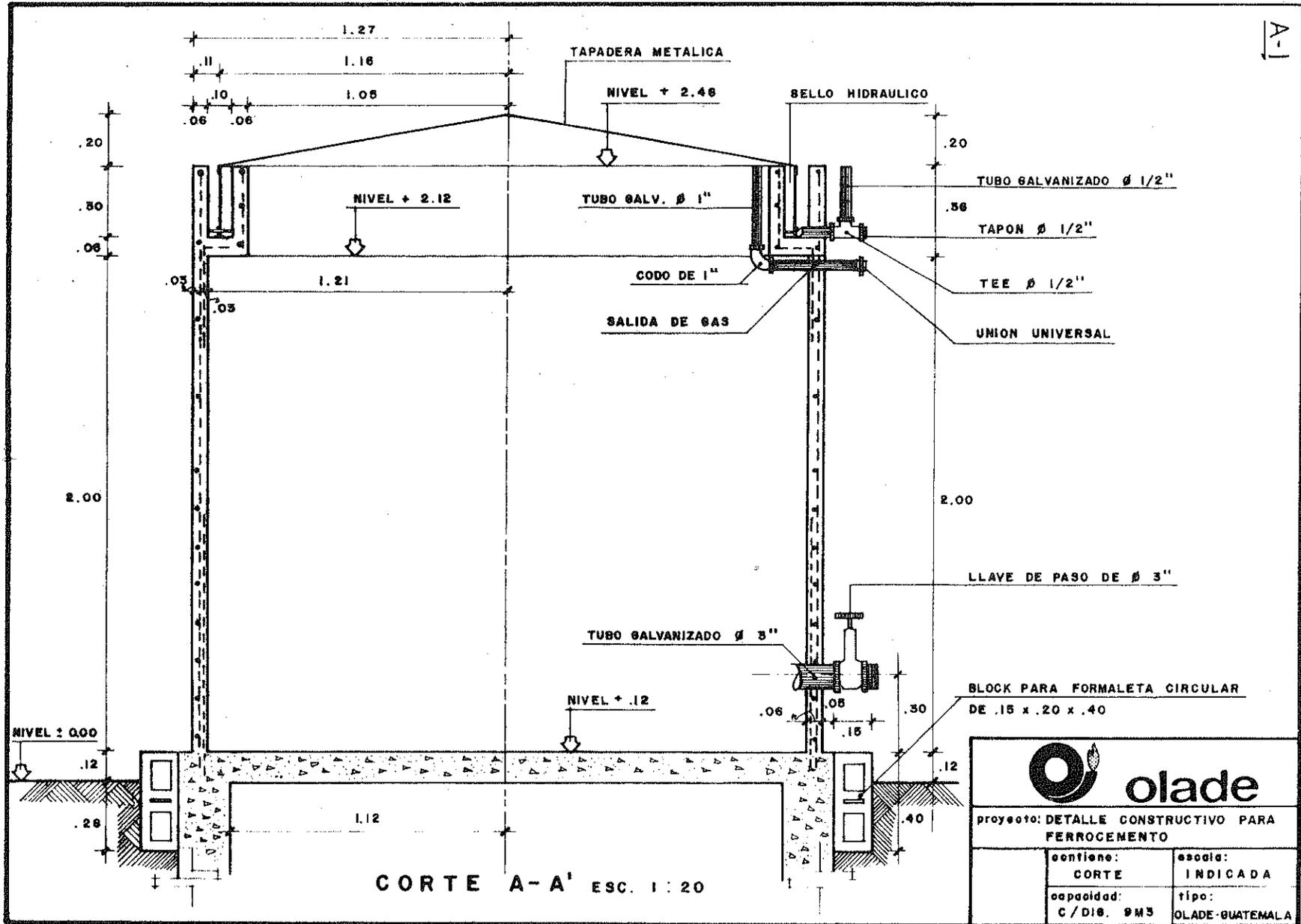
Su carga se hace en forma continua o semicontinua, a través de la cámara de entrada, alimentándose en su primera carga con material precompostado preferentemente.

En la primera carga es necesario introducir inoculante, con el objeto de acelerar la descomposición de la materia orgánica, y por lo tanto la producción de biogas.

El digestor se carga todos los días con un volumen de mezcla determinado y se extrae el mismo volumen por vasos comunicantes hacia la pileta de descarga, evitando de este modo el uso de bombas.

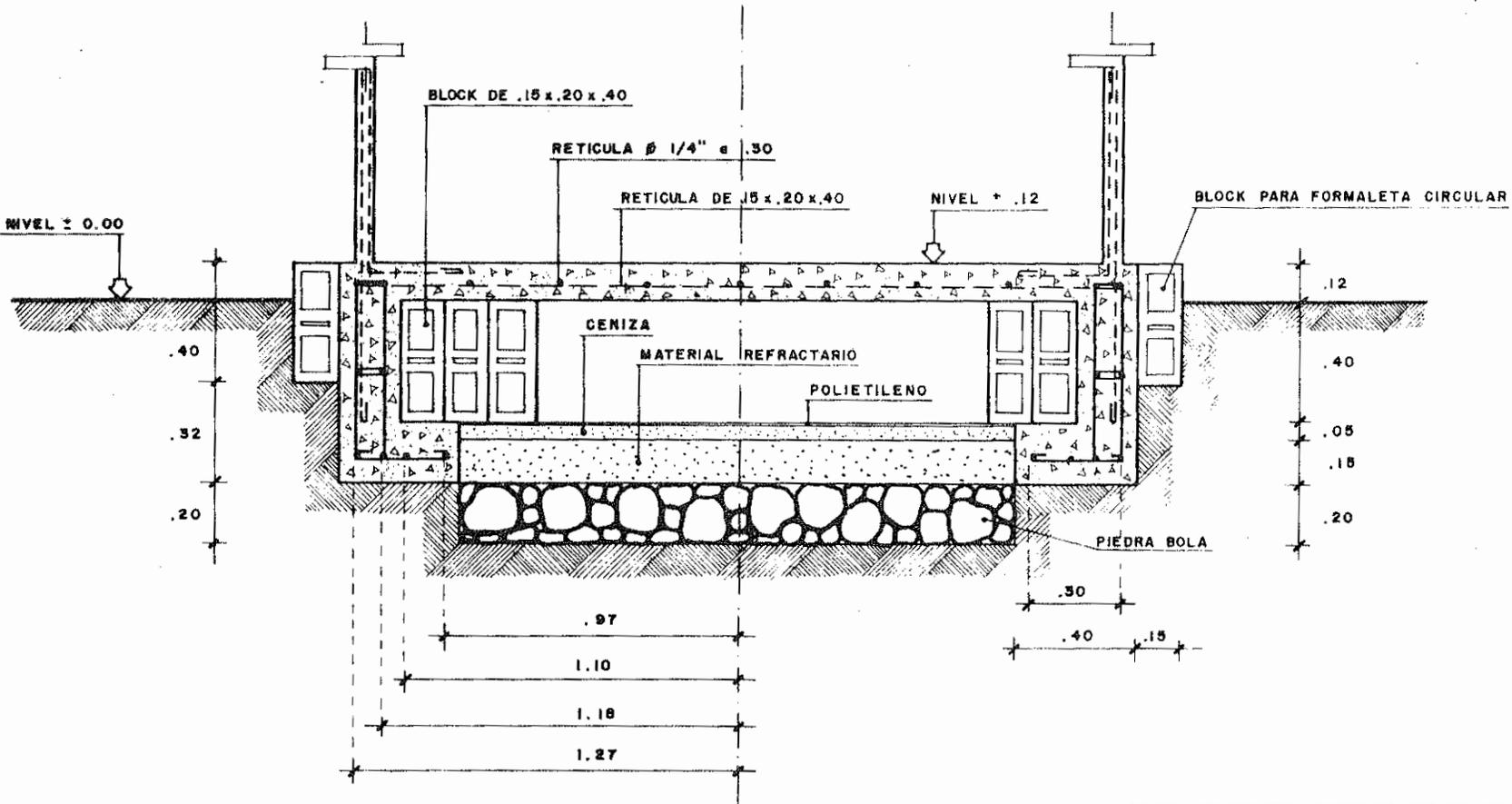
El rebosadero, además de ser una de las alternativas de descarga, es también un sello de agua que trabaja como válvula de alivio en el caso de que, la presión interior sobrepase la presión máxima permisible.

PLANOS D - 1 - 2



 olade	
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO	
contiene: CORTE	escala: INDICADA
capacidad: C / DIS. 9M3	tipo: OLADE-GUATEMALA

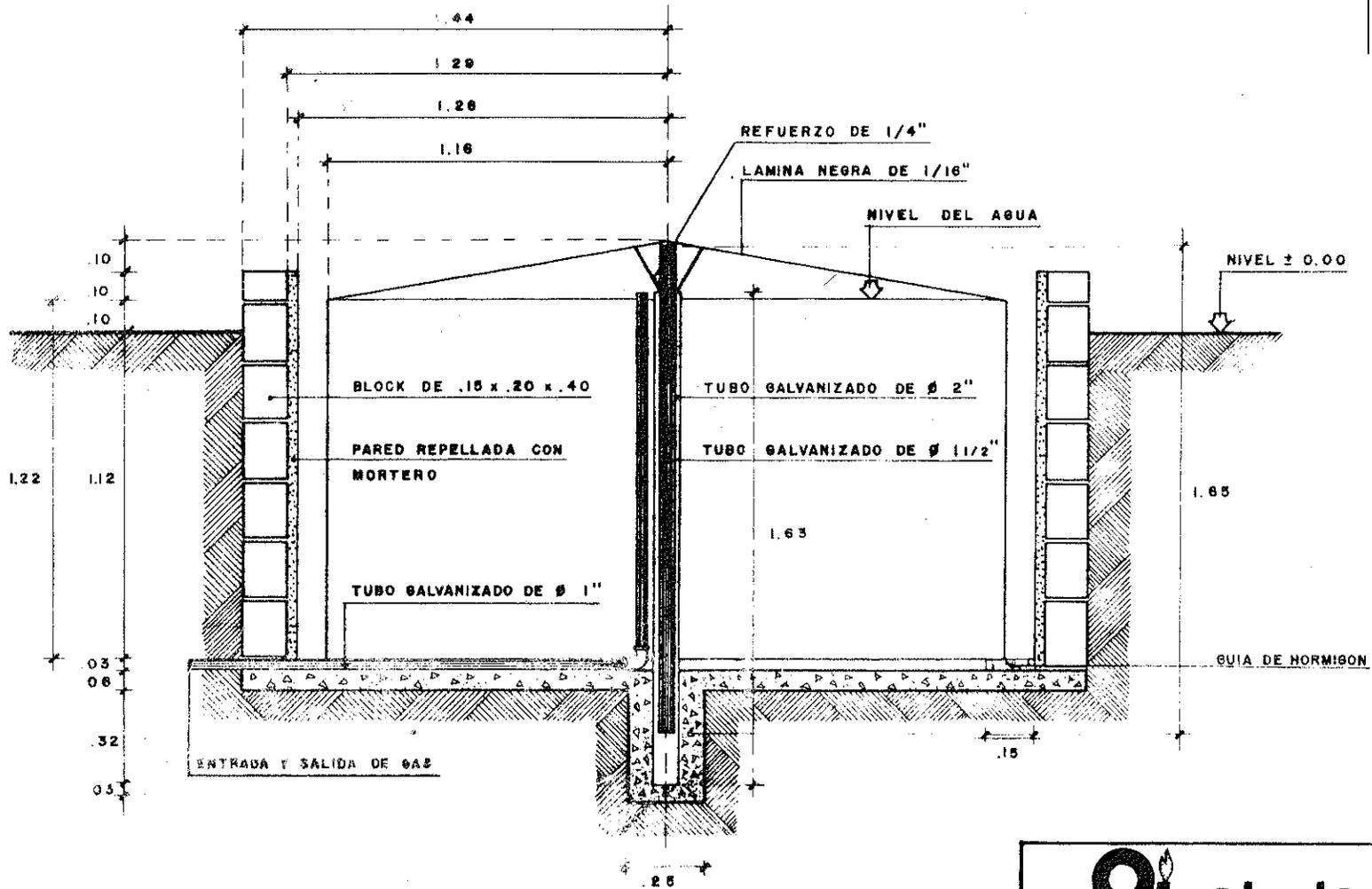
A-2



CORTE A-A' ESCALA 1:20
(CONTINUACION)

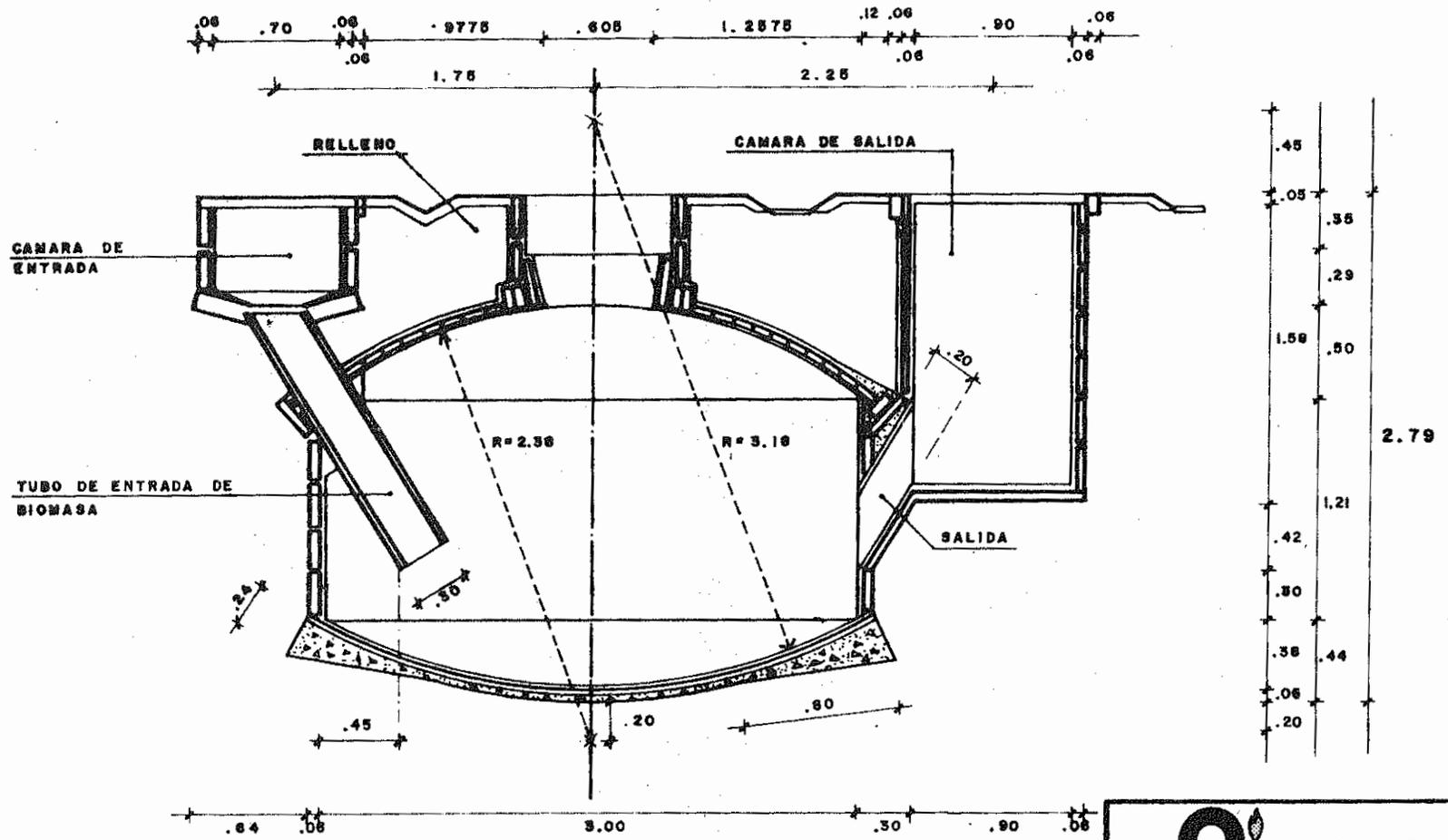
 olade	
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO	
contiene: CORTE	escala: INDICADA
capacidad: C / DIO. 9 M3	tipo: OLADE-GUATEMALA

OLADE



CORTE B-B' ESCALA 1:20

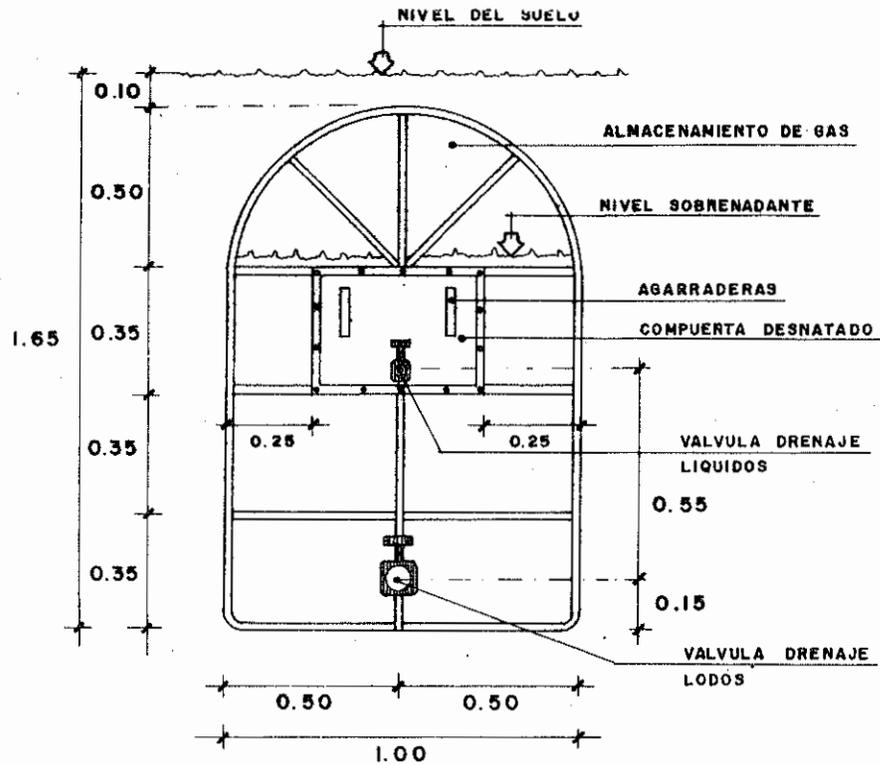
 olade	
proyecto DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO	
contiene: CORTE	escala: INDICADA
capacidad: GASOMETRO 5M3	tipo: OLADE-GUATEMALA



CORTE A-A' ESCALA. 1: 33 1/3

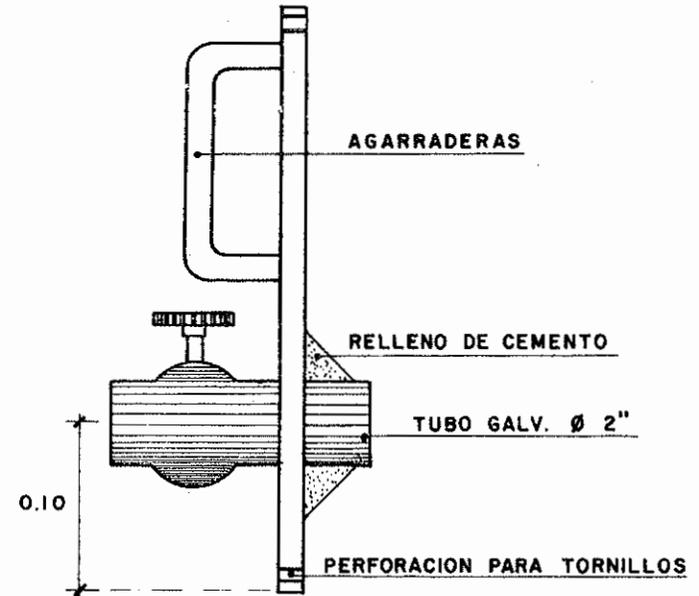
 olade	
proyecto: DIGESTOR DE BIO-GAS EN LADRILLO DE BARRO	
contiene: CORTE	escala: INDICADA
capacidad: 12 M³	tipo: CHINO

C-2



ELEVACION FRONTAL

ESCALA 1:20



VISTA LATERAL
COMPUERTA NATAS Y
VALVULA DRENAJE LIQUIDOS

ESCALA 1:4

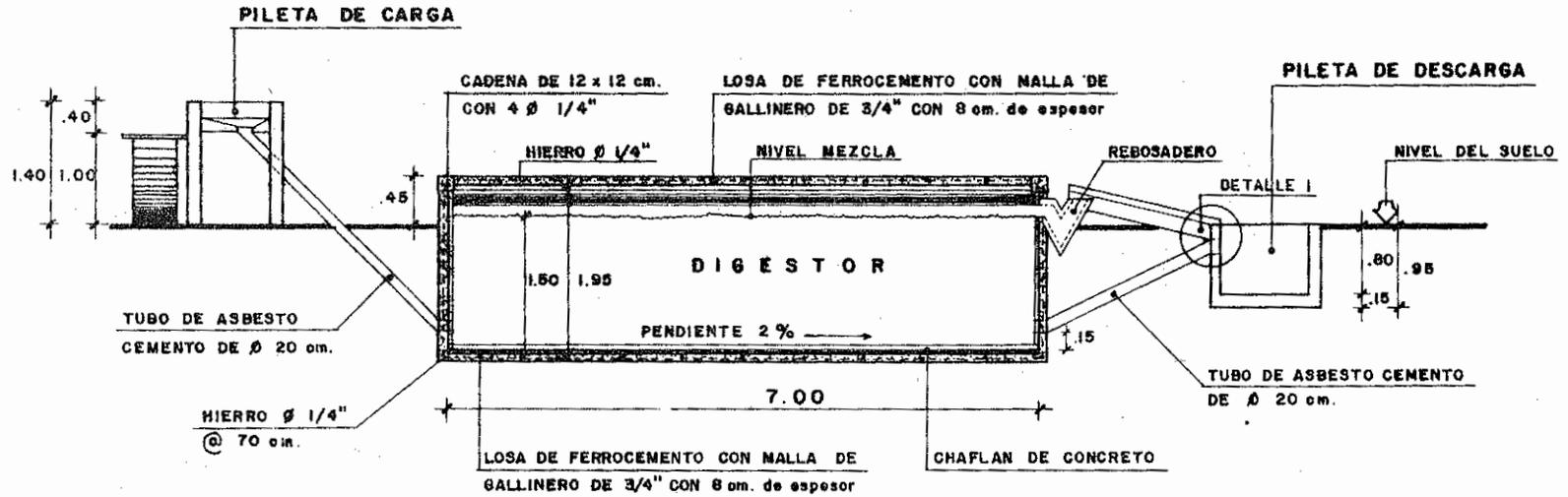


olade

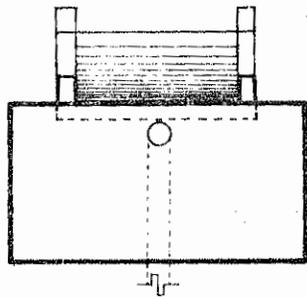
proyecto: DETALLE DE MODIFICACIONES EN
TECHO Y COMPUERTA DE NATAS

contiene:	escala:
ELEVACION F.	INDICADAS
cantidad:	tipo:
6 N 3	XOCHICALLI-MEXICO

D-1



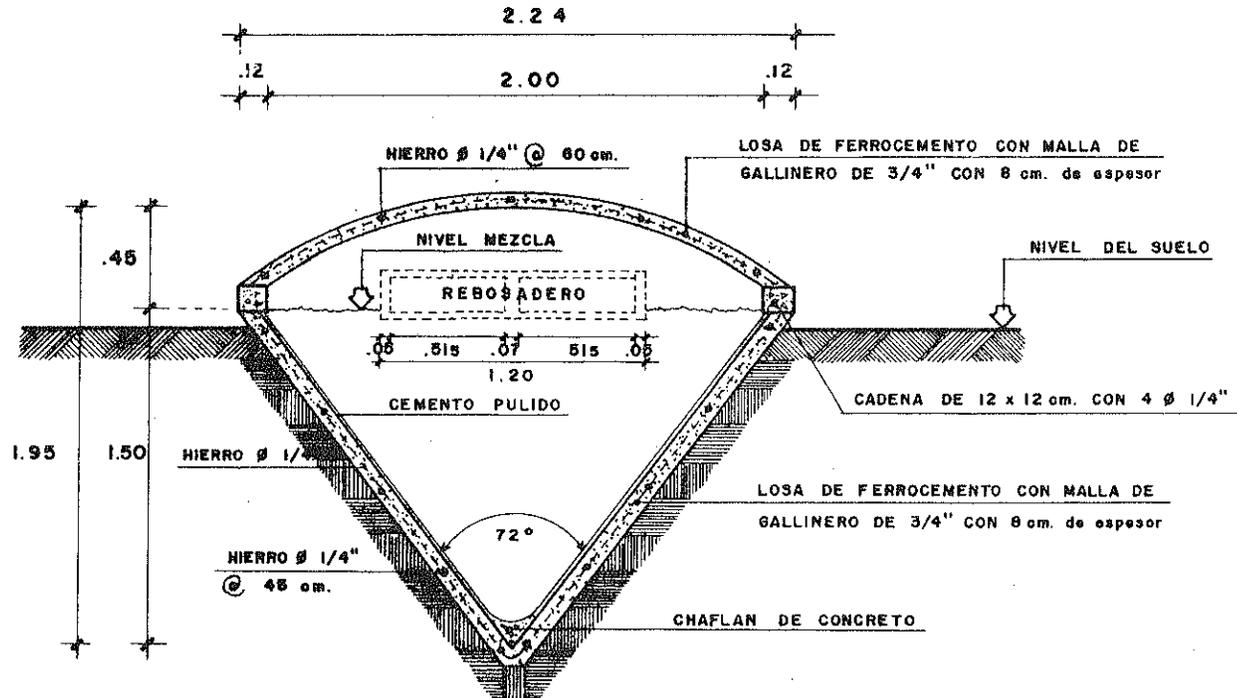
CORTE A-A ESC. 1:75



DETALLE I

 olade	
proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO	
contiene: CORTE A-A'	escala: INDICADA
capacidad: (interior) 10 m ³ .	tipo: IIE-MEXICO

D-2



CORTE B-B'

ESC. 1:30

 olade	
Proyecto: DETALLE CONSTRUCTIVO PARA FERROCEMENTO	
contiene: CORTE B-B'	escala: INDICADA
capacidad: (interior) 10 m ³ .	tipo: IIE - MEXICO