

REVISTA ENERGETICA

AÑO 8
5/84

Septiembre - Octubre/84
September - October/84



Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization

BOSQUES PARA LEÑA Y CARBON VEGETAL EN BRASIL **olade** MAN - MADE
FORESTS FOR WOOD AND CHARCOAL IN BRAZIL **olade** PERSPECTIVAS ENER-
GETICAS MUNDIALES: ALGUNAS IMPLICACIONES PARA MEXICO **olade** WORLD
ENERGY OUTLOOK: SOME IMPLICATIONS FOR MEXICO **olade** ELECTRIFICACION
RURAL RENTABLE **olade** ECONOMICALLY VIABLE RURAL ELECTRIFICATION

ELECTRIFICACION RURAL RENTABLE

Dr. Félix Pacheco Linares
PROFESOR DE ECONOMIA ENERGETICA
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
LIMA - PERU

OBJETIVO

Demostrar la rentabilidad de programas de electrificación rural a través de una adecuada organización y gestión en la concepción y desarrollo del proyecto respectivo.

RESUMEN

La electrificación rural es rentable cuando las inversiones se destinan para equipar proyectos que sirvan en forma conjunta a las unidades productivas y a los servicios, de tal forma que se consiga generar empleo, que se aumente el valor agregado en la producción local, que se disminuya la tasa de emigración y se brinde a la población las condiciones para una mejor calidad de vida en el área de influencia del proyecto.

Para una Electrificación Rural Rentable (ERR) se precisa de un estudio integral de la región en forma semejante a la de un "Plan Maestro de Electrificación", el cual minimiza los costos a través de una optimización de sistemas interconectados alternativos y que luego le sea dotado de una organización eficiente en la gestión.

La estrategia del proceso de electrificación conviene iniciar brindando un servicio garantizado las 24 horas del día a las localidades que puedan conformar un pequeño polo de desarrollo, y que posteriormente se incorporen en forma progresiva a las localidades menores.

DESARROLLO

Antecedentes Generales

- a) La electrificación es rentable en los grandes centros urbanos cuando existen importantes centros de consumo, mas no siempre en las áreas rurales, para los que generalmente se aceptan pérdidas en sus estados financieros.
- b) Las experiencias muestran que los procesos de electrificación se han iniciado en las capitales y ciudades más importantes de los países, y también, en los complejos industriales, mineros o agrícolas. El grado de rentabilidad decrece de más o menos en función a la magnitud de la demanda, y de la eficiencia administrativa.
- c) Los países industrializados, sean éstos del este u oeste, han solucionado o se encuentran en proceso de solucionar sus respectivos programas sobre electrificación rural; mientras que la mayoría de países tercer mundistas aún no tienen concebida con claridad una solución económica adecuada, con excepción de algunos países como Corea del Sur que han alcanzado importantes progresos al respecto.
- d) Uno de los indicadores que mide el grado de desarrollo de un país se refiere a la magnitud del consumo per cápita de electricidad, apoyada en una adecuada distribución en la población; tal indicador refleja también el desarrollo espacial equilibrado del país.



- e) La colocación de las inversiones en electrificación rural no han sido convenientemente aplicadas y más bien se mantiene la aceptación prejuiciosa que la electrificación rural produce pérdidas y requiere subsidios; esos prejuicios son negativos para los países cuando constatamos un débil aumento o a veces disminución del Producto Interno Bruto PLB, así como la creciente tasa de desempleo, la abultada deuda externa y las pobres perspectivas para aumentar las exportaciones, en un orden de magnitud que permitan captar los créditos necesarios.

Antecedentes Específicos: El Caso Particular Peruano

- a) En el Perú, el servicio de energía eléctrica durante las 24 horas del día se da a través de los sistemas interconectados. Son pocas las ciudades importantes del país que sin estar interconectadas a esos sistemas tienen el servicio permanente referido.
- b) La población servida a través de los sistemas interconectados no llega al 40% del total nacional (7'200,000 personas), mientras que el 60% de la población (10'800,000), denominada población rural para estos fines - tienen servicio eléctrico en una relación baja de 1 a 9 aproximadamente, además de ser deficiente, limitado a algunas horas de la noche, destinado solamente para la iluminación y con un resultado económico negativo en donde los costos frecuentemente superan en 5 veces a los ingresos.
- c) El área rural cuenta con menor infraestructura que la que disponen las ciudades grandes, tal realidad, sumando a otros aspectos como el clima frío de la sierra, las escasas áreas verdes en el litoral y la despoblada selva, configuran un cuadro de mayor pobreza en la población rural; amén de que las inversiones en las zonas rurales se circunscriben a los elementales servicios de infraestructura.
- d) Es reciente el desarrollo de la electrificación rural en el Perú. De todos los servicios de infraestructura en las áreas rurales, el servicio eléctrico tiene mucho menos desarrollo en relación a la infraestructura educativa, salud, comunicaciones y transporte.
- e) La centralización en Lima Metropolitana, controla todas las actividades económicas y es donde se toman las decisiones en las administraciones financieras. La participación de otras ciudades importantes del país es sólo complementaria.
- f) La población rural se encuentra dispersa en unos 1.500 centros poblados con menos de 5.000 habitantes, a ello se suman un mayor número de otros poblados con menos de 200 habitantes. En todas estas localidades no existe actividad industrial, el comercio es minorista, no cuentan con servicios bancarios y la administración local se dedica a equipar escuelas y postas médicas, gestionar el servicio de agua potable, más carreteras y finalmente la aspiración al servicio eléctrico.

- g) Existen también buen número de valles con rico potencial agrícola y/o minero en las cuales se encuentran varias localidades relativamente cercanas una respecto de otras capaces de conformar pequeños polos de desarrollo. Estos valles, con algunas excepciones, no disponen de estudios multisectoriales que permitan encarar sus procesos de desarrollo.

- h) La magnitud de la demanda de energía eléctrica es pequeña y sólo entre el 40 a 60% de la población local utilizan el servicio.

- i) El bajo nivel de los ingresos de la población rural, muchas veces cíclico y dependiente de las cosechas del agro o venta de alguna de sus especies, dificultan afrontar compromisos financieros para solventar los costos de las redes secundarias a sus respectivos domicilios.

Estrategia para una ERR

- a) Seleccionar un grupo de profesionales ingenieros, economistas y administradores, capaces de configurar el horizonte de las áreas rurales del Perú y de medir los efectos de un adecuado programa de electrificación en el marco regional y también en el contexto de las finanzas y economía del país.
- b) Formular un modelo de electrificación a desarrollar para un período de 20 a 30 años. Este modelo deberá ser flexible y eficaz para su aplicación en el tiempo, aún se mantenga el predominio del trabajo unisectorial.
- c) Formular un programa de electrificación a ejecutarse en 4 o más etapas de 5 años cada una. Cada etapa podrá comprender un número limitado de proyectos sustentados por estudios suficientemente definidos en cuanto a la demanda, costos, ingeniería y en su consistencia económico-financiero.
- d) Es recomendable destacar la rentabilidad del proyecto como uno de los principales indicadores. Tal rentabilidad medida a corto, mediano y largo plazo, indicador que mide la eficiencia de las inversiones.
- e) En casos de no obtener la rentabilidad del proyecto, es decir, donde la Tasa Interna de Retorno y el Valor Actual Neto arrojen índices desfavorables, conviene destacar las economías externas del proyecto, tales como la creación de fuentes de trabajo, el incremento en la producción local de bienes, la reducción en la tasa de emigración entre otros. Sólo en casos excepcionales se podrán construir proyectos totalmente no rentables.
- f) En el análisis de conjunto del programa de electrificación rural, la suma de todos los ingresos provenientes de la venta de energía eléctrica deberá llegar a un monto igual o superior a la suma del total de los costos que del programa se deriven. En este sentido la política tarifaria precisará estar sustentada en una política económica.



- g) La eficacia en la negociación es un aspecto de primer orden a considerar. Negociación para organizar a los consumidores potenciales a fin de motivarles hacia una solución económica compartida y con beneficios ventajosos para las partes. Es decir, para la empresa nacional de electricidad, para los mineros, molineros, entre otros.
- h) El proceso de electrificación conviene ser iniciado en aquellas regiones capaces de constituirse en polos regionales. Comenzar dicho proceso con pocas regiones para cada año ir incorporando otras; en el mediano plazo el Perú dispondría de más o menos 10 polos regionales de desarrollo y otros tantos en el largo plazo, de manera de cada uno de estos polos progresivamente incorporen al sistema a las poblaciones más pequeñas que se encuentran a su alrededor.
- i) El servicio a los referidos polos deberá garantizar las 24 horas del día priorizando a los consumidores potenciales; son estos pocos abonados los que podrán absorber hasta más del 50% de la demanda, permitiendo así un adecuado y barato servicio a la población de toda una región con características de una reducida magnitud de demanda.
- j) Una adecuada utilización de los escasos recursos financieros, así como una eficaz administración en la operación del proyecto, son también factores determinantes para el éxito en la gestión del programa.
- k) La concepción y desarrollo de los estudios para una E.R.R. precisan ser semejantes al de los "Planes Maestros de Electrificación", característica que contienen los estudios que viene desarrollando ELECTROPERU en convenio con la Cooperación Técnica que recibe de la República Federal Alemana, ejemplo que ilustramos a través de la Región Modelo Huari.

Caso: Región Modelo Huari

- a) El objetivo es brindar un servicio de energía eléctrica a través de un sistema interconectado a la población y también a dos compañías mineras de tamaño medio, ubicadas en la Región en estudio.
- b) El área geográfica tiene cerca de 5000 km² donde habitan 79.000 personas. En 18 localidades viven 13.200 personas a quienes se plantea suministrar el servicio eléctrico en una primera etapa; luego a otras 15.800 personas en una segunda etapa, y finalmente en el largo plazo en forma progresiva a toda la región.
- c) La magnitud de la demanda es la siguiente:

AÑOS	Máxima Demanda kW		Energía Neta MWH		TOTAL	
	POBLACION	MINAS	POBLACION	MINAS	KW	MWH
1985	1200	3960	2965	10000	5160	13860
2005	3981	7650	13312	31000	11631	44312

- d) El resultado de la evaluación del potencial hídrico regional arrojó 36 posibilidades de generación con costos que varían entre 928 y 4400 US\$/KW instalado.
- e) Se efectuaron varios juegos de sistemas alternativos para satisfacer la demanda al mínimo costo sobre una consistente base técnica. (Topografía, Geología, Hidrología y de Ingeniería).
- f) La magnitud de las inversiones en centrales y líneas capaces de satisfacer la demanda hasta el año 2005, ascendió a 13.2 millones de dólares a precios de 1982 a ser invertidos en dos períodos entre 1984 y 1994 para conformar una capacidad instalada de 12830 KW. (Incluye una central hidroeléctrica de 1400 KW a inaugurarse el año 1985).
- g) El período de análisis comprende 1985-2005 y las tasas de actualización se efectuaron al 0%, 10% y 20%.
- h) Las tarifas que se adoptaron fueron las vigentes -3.7 c de dólar por KWh- y se introdujeron variaciones hasta 20 c de dólar por KWh.

CONCLUSIONES

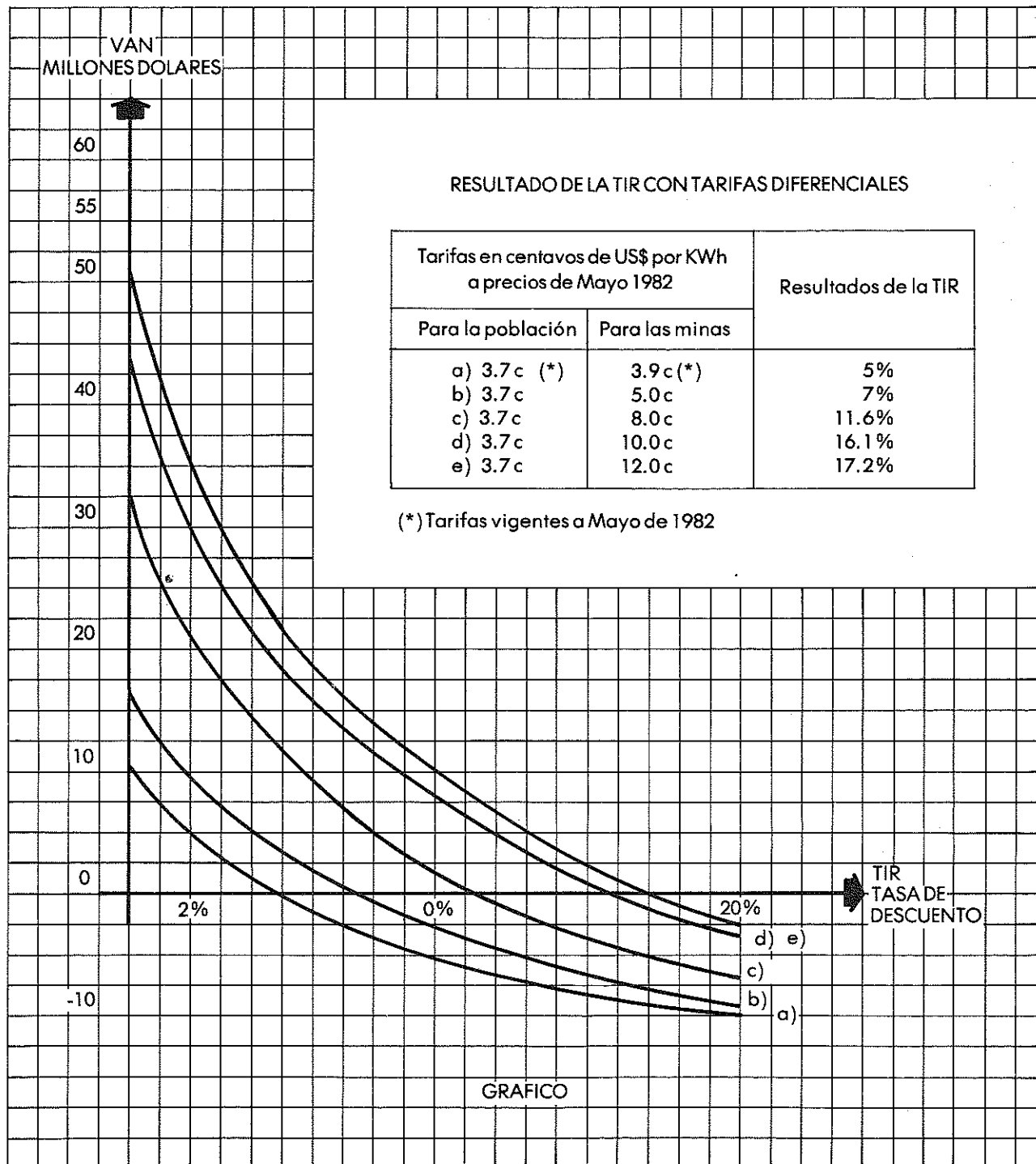
- a) De las varias alternativas estudiadas, el sistema óptimo conseguido es para el servicio en conjunto a la población y a las dos minas.
- b) El VAN arrojó saldos positivos luego de actualizaciones al 0%, 10% y 20%. Por su parte, la TIR registró 11.6%, cercana a la tasa de rentabilidad del 12% que plantea la Ley General de Electricidad del Perú, aún permaneciendo la actual tarifa de 3.7 c de dólar por KWh para el servicio doméstico, pero a 8 c de dólar por KWh para las dos compañías mineras.
- c) La TIR mejora considerablemente con tarifas de 10 a 12 c de dólar por KWh para la minería. Ver cuadro y gráfico adjunto.
- d) El costo por combustible que representa a las minas para generar 1 KWh en sus grupos térmicos es de 10 c de dólar; evidentemente, al incluir los costos de operación y mantenimiento y los relativos a los costos de capital invertido, los costos por KWh superan los 12 c de dólar.
- e) Son caras las tarifas que exige el sistema aislado sólo para la población, más aún si consideramos el bajo nivel de los ingresos en la población de esa Región.

Para obtener una TIR del 11% se precisan tarifas de 20 c de dólar por KWh para el uso doméstico; es decir, las actuales tarifas tendrían que incrementarse en 5.4 veces.

- f) Resultados semejantes al de la Región Modelo Huari, se están obteniendo en estudios para otras regiones como las de: Río Mayo, Pomabamba-Piscobamba y



SISTEMA COMBINADO LOS VAN Y TIR CON DIFERENTES TARIFAS PARA LA MINERIA



Huamalies-Dos de Mayo; en consecuencia se recomienda generalizar este método para un proceso de ERR; y para la utilización eficiente de los escasos recursos financieros con ventajosos resultados económicos en beneficio de la población servida y de la economía nacional.

REFERENCIAS

1. Estudios de "Regiones Modelo de Electrificación" para Huari, Pomabamba-Piscobamba, Huamalies-Dos de Mayo y Río Mayo.
Convenio Peruano-Alemán: ELECTROPERU S.A. - GTZ, 1982-1984.
2. Plan Maestro de Electricidad.
ELECTROPERU S.A., Octubre 1983, Lima.
3. Electrificación Rural.
Banco Mundial, 1976.
4. Plan Nacional de Electrificación con Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Primera aproximación.
Programa de los NNUU para el Desarrollo.
Ministerio de Energía y Minas, Lima-Perú, 1978.
5. Rural Electrification in Developing Countries: Constraints and Prospects.
Lalit K. Sen, Quarterly Journal of International Agriculture, Vol. 22, N° 3, July-Sept. 1983.

ECONOMICALLY VIABLE RURAL ELECTRIFICATION

Dr. Felix Pacheco Linares

PROFESSOR OF ENERGY ECONOMICS
GREATER NATIONAL UNIVERSITY OF SAN MARCOS
LIMA, PERU

OBJECTIVE

To demonstrate the economic viability of rural electrification programs through suitable organization and efforts in conceiving and developing the respective project.

SUMMARY

Rural electrification is economically viable when investments are earmarked for outfitting projects that will jointly serve production and service units, so as to generate employment, to increase the value added of local production, to reduce the migration rates, and to provide the population in the project's area of influence with the conditions for a better quality of life.

For economically viable rural electrification (EVRE), an overall study of the region is necessary, somewhat like the study for a Master Electrification Plan, which minimizes costs by optimizing alternative interconnected systems and which can provide an efficient organizational scheme for later efforts.

It is useful for the electrification strategy to start by providing guaranteed service 24 hours a day to the localities that could comprise a small development pole, and afterwards to progressively incorporate smaller settlements.

DEVELOPMENT

General Background

a) Electrification is economically viable in large urban

centers where there are important consumption centers, but not always in rural areas where losses in the financial balance-sheets are usually accepted.

- b) Experience has shown that electrification processes begin in the countries' capitals and major cities and also in industrial, mining or agricultural complexes. The degree of economic viability or profitability declines as a function of the magnitude of demand and administrative efficiency.
- c) The industrialized countries, be these in the East or in the West, have resolved, or are in the process of resolving, their respective rural electrification programs, whereas most of the Third World countries still do not have a clear conception of an adequate economic solution, with the exception of a few countries such as South Korea, which has made important progress in this respect.
- d) One of the indicators that measures a country's level of development refers to the magnitude of per capita electricity consumption; this indicator also reflects the well-balanced spatial development of the country.
- e) Rural electrification investments have not been conveniently made; the bias that rural electrification produces losses and requires subsidies has been maintained. These prejudices are negative for the countries when there is obviously only a slight increase, or even a decline, in the gross domestic product (GDP), as well as rising unemployment rates, overwhelm-

ing foreign debts, and poor prospects for increasing exports sufficiently to permit procurement of the necessary credits.

Specific Background:

The Particular Case of Peru

- a) In Peru, electric power is provided 24 hours a day through interconnected systems. Few are the important cities of the country that could have such permanent service without being hooked up to these systems.
- b) The population served through the interconnected systems (7,200,00 persons) does not amount to even 40% of the total national population while 60% of the population (10,800,00 persons), known as the rural population for these purposes, has electric service in a low ratio of approximately 1:9. In addition to being deficient, this service is limited to a few hours at night, is geared only to lighting, and has a negative economic effect in which costs are frequently five times higher than revenues.
- c) Rural areas have less infrastructure than large cities; this reality, added to other aspects such as the cold climate of the sierra, the sparse green areas of the coast, and the practically unpopulated jungles, shape a picture of greater poverty among rural populations. Thus, investments in rural areas are circumscribed to elementary infrastructure services.
- d) The development of rural electrification in Peru is only recent. Of all the infrastructure services in rural areas, electric power is much less relatively developed in relation to education, health, communication and transportation.
- e) Control over all economic activities is centralized in Metropolitan Lima, where financial management decisions are made. The share of the country's other important cities is only complementary.
- f) The rural population is scattered over some 1500 population centers of fewer than 5000 inhabitants; and to these can be added an even higher number of other settlements with fewer than 200 inhabitants. In all of these localities there is no industrial activity; there is only minor trade; there is no banking service; and local administration is dedicated to equipping schools and medical posts, to arranging potable water services and roadways, and finally to handling the aspiration of electric power services.
- g) There are also a good number of valleys with rich agricultural and/or mining potential, in which several settlements are located relatively close to each other, so that they could form small development poles. These valleys, with few exceptions, do not have multisectoral studies available to permit them to organize their development processes.

- h) The magnitude of electric power demand is reduced, and only between 40 and 60% of the local population has access to this service.
- i) The low level of the rural populations' income, which is many times cyclical, depending on agricultural harvests or the sale of their merchandise, makes it difficult to take on financial commitments to underwrite the cost of secondary grids to their respective homes.

EVRE Strategy

- a) To select a group of professionals (engineers, economists and administrators) capable of shaping a picture of the rural areas of Peru and measuring the effects of a suitable electrification program in the regional framework and also in the context of the country's economics and finance.
- b) To formulate an electrification model to be developed over a 20-to-30-year period. The application of this model should be flexible and effective over time, even while maintaining the predominance of unisectoral labor.
- c) To formulate an electrification program to be executed in four or more stages of five years each. Each stage should include a limited number of projects based on sufficiently well-defined studies in terms of demand, cost, engineering, and economic and financial consistency.
- d) It is recommendable to underscore a project's economic viability as one of the principal indicators. This viability measured in the short, medium and long terms measures investment efficiency.
- e) In the event that the project did not prove profitable, i. e., where the internal return rate (IRR) and the net current value (NCV) yield unfavorable indexes, it is useful to note the project's external economic effects such as creation of job opportunities, increases in local commodity production, and reductions in migration rates, among others. Only in exceptional cases can totally non-viable projects be found.
- f) In an overall analysis of the rural electrification program, the sum of all the revenues from the sale of electricity should amount to a figure equal to, or higher than, the sum total of the costs derived from the program. In this regard, the policy of rates or tariffs will have to be based on economic policy.
- g) The effectiveness of negotiations is one aspect of prime importance to be considered: negotiations to organize the potential consumers in order to motivate them toward a shared economic solution with advantages and benefits for all the parties; in other words, for the national electric light and power company, for the miners, millers, etc.



- h) It is useful for the electrification process to start in those regions capable of becoming regional poles. By beginning the process in a few regions each year and gradually incorporating others, in the medium term Peru would have some ten regional development poles and more or less the same number more in the long term, and each one of these poles could progressively incorporate into the system the smaller settlements found in surrounding areas.
- i) Service to these poles would have to be guaranteed 24 hours a day, with priorities set for the few potential consumers who could absorb even more than 50% of the demand, thus permitting adequate, inexpensive service to the population of an entire region characterized by a slight demand.
- j) Adequate utilization of scarce financial resources, as well as efficient administration of project operations, are also determining factors in the success of the program efforts.
- k) The conception and development of EVRE studies needs to be similar to that of the Master Electrification Plans; and this has been a feature of the studies that ELECTROPERU has been developing through a technical cooperation agreement with the Federal Republic of Germany, an example of which can be seen in the Huari Model Region.

Case: Huari Model Region

- a) The aim is to provide electric power service through an interconnected system to a town and also to two medium-size mining companies located in the region under study.
- b) The geographical area has nearly 5000 km² where 79,000 people live. In a first stage electric power service would extend to 13,200 people living in 18 localities; then later in a second stage, to 15,800 people; and finally, in the long term, progressively throughout the region.
- c) The magnitude of demand is as follows:

YEARS	Maximum Demand kW		Net Energy MWH		TOTAL	
	TOWN	MINES	TOWN	MINES	kW	MWH
1985	1200	3960	2865	10000	5160	13860
2005	3981	7650	13312	31000	11631	44312

- d) The result of the evaluation of regional hydro potential yielded 36 possibilities for generating power with costs varying between 928 and 4400 US dollars per kW installed.
- e) Several sets of alternative systems were drawn up to meet demand at a minimum cost, on a consistent

technical basis (topography, geology, hydrology, and engineering).

- f) The magnitude of investments in power plants and lines capable of satisfying demand until the year 2005 rose to 13.2 million dollars at 1982 prices, to be invested in two periods between 1984 and 1994 in order to yield an installed capacity of 12830 kW (including a 1400-kW hydropower station to be inaugurated in the year 1985).
- g) The period of analysis covered 1985-2005, and the actualization rates were calculated as 0%, 10% and 20%.
- h) The rates that were adopted were those in force (3.7 cents of a dollar per kWh), and variations of up to 20 cents per kWh were introduced.

CONCLUSIONS

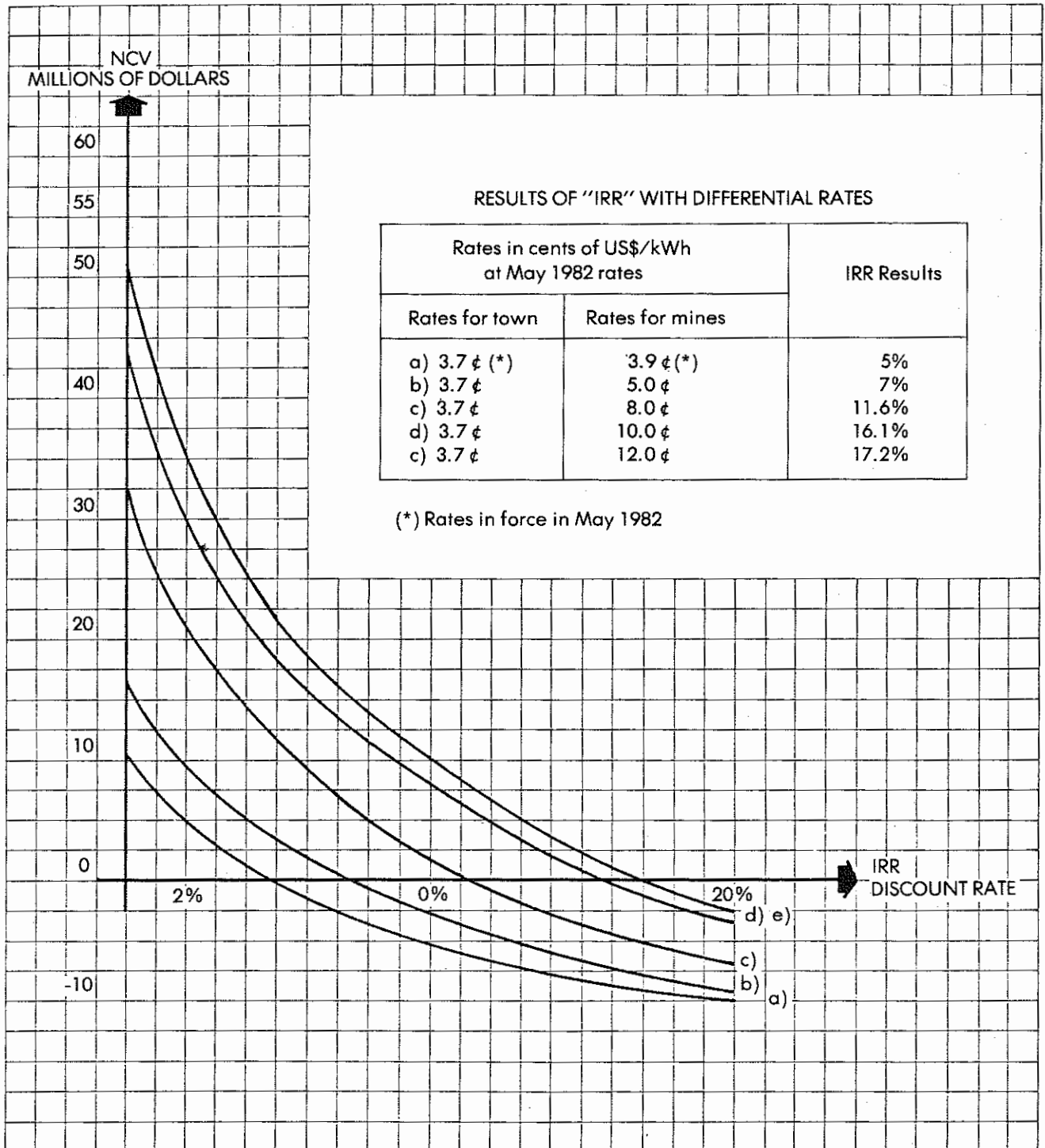
- a) Of the various alternatives studied, the optimal system was determined to be joint service for the town and the two mines.
- b) The NCV yielded positive balances after actualizations of 0%, 10% and 20%. For its part, the IRR registered 11.6%, close to the profitability rate of 12% proposed by the General Electricity Law of Peru, even with rates remaining at their current 3.7 cents per kWh for domestic service and with rates of 8 cents per kWh for the two mining companies.
- c) The IRR considerably improved with rates of 10 to 12 cents per kWh for the mining enterprises. (See chart and graph below.)
- d) The cost in fuel represented by the generation of 1 kWh in the mines' thermal groups is 10 cents; obviously, when operation and maintenance costs are included, along with those related to capital investments, the cost per kWh exceeds 12 cents.
- e) The rates demanded by an isolated system for the town alone are very high, and even more so if the low level of income of the population in this area is considered.

In order to obtain an IRR of 11%, rates of 20 cents per kWh for household use would be required; in other words, the current rates would have to be increased 5.4 times.

- f) Results similar to those of the Huari Model Region are being obtained in studies on other regions such as Rio Mayo, Pomabamba-Piscobamba and Huamallies-Dos de Mayo. As a consequence, it is recommended that this method be generalized for the EVRE process and for the efficient use of scarce financial resources with advantageous economic results benefitting the population served and the national economy as well.



**COMBINED SYSTEM
"NVC" AND "IRR" WITH DIFFERENT RATES FOR MINING**



REFERENCES

1. Studies on "Model Regions for Electrification" for: Huari, Pomabamba-Piscobamba, Huamallies-Dos de Mayo and Rio Mayo.
Peruvian-German Agreement: ELECTROPERU S.A. GTZ, 1982-1984.
2. **Master Electrification Plan.** ELECTROPERU S.A., Lima, October 1983.
3. **Rural Electrification.** World Bank, 1976.
4. **National Plan for Electrification with Small Hydro-power Stations: A First Approximation.** United Nations Development Program (UNDP), Ministry of Energy and Mines, Lima, Peru, 1978.
5. Sen, Lalit K. "Rural Electrification in Developing Countries: Constraints and Prospects," **Quarterly Journal of International Agriculture**, Vol. 22, N° 3, July-September 1983.