

NACIONES UNIDAS

CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL



LIMITADO

ST/ECLA/CONF.7/L.2.5  
13 de enero de 1961

ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLES

SEMINARIO LATINOAMERICANO SOBRE ENERGIA ELECTRICA

Auspiciado por la Comisión Económica para América Latina, la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica y la Subdirección de Recursos y Economía de los Transportes de las Naciones Unidas, conjuntamente con el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos

México, 31 de julio a 12 de agosto de 1961

CONF. 7/L. 2.5

CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS RURALES  
DISEÑO, CONSTRUCCION Y EXPLOTACION EN  
LOS ESTADOS UNIDOS

Por

John H. Rixse, Jr.

NOTA: Este texto será revisado editorialmente.



## I N D I C E

	<u>Página</u>
PREAMBULO .....	1
I. DESCRIPCION .....	2
1. Definiciones .....	2
2. Magnitud .....	2
3. Características eléctricas .....	3
4. Características físicas .....	4
II. PARTICIPANTES .....	7
1. Administración del sistema .....	7
2. La Administración de Electrificación Rural .....	7
3. Ingenieros .....	8
4. Contratistas .....	9
5. Proveedor de energía .....	9
6. Fabricantes y proveedores de material .....	9
III. DESARROLLO .....	11
1. Inicial .....	11
2. Intermedia .....	12
3. Actual .....	12
IV. NORMAS .....	13
1. Sistemas .....	13
2. Líneas .....	13
3. Materiales y equipo .....	14
4. Contratos .....	14
5. Relaciones y procedimientos .....	14
V. FINANCIAMIENTO .....	15
1. Practicabilidad .....	15
2. Préstamos de la AER .....	15
3. Fondos generales .....	16
VI. DISEÑO .....	17
1. Cargas y zonas de servicio .....	17
2. Planos y especificaciones .....	19
3. Datos fundamentales .....	21

/VII. CONSTRUCCION

	<u>Página</u>
VII. CONSTRUCCION .....	23
1. Propuestas .....	23
2. Métodos de construcción .....	24
3. Inspección .....	24
4. Construcción en masa .....	25
5. Construcción por partes .....	26
VIII. EXPLOTACION Y CONSERVACION .....	27
1. Seccionamiento .....	27
2. Servidumbres de pasos .....	27
3. Comunicaciones .....	28
4. Postación .....	28
5. Comportamiento del equipo y materiales .....	29
6. Entrenamiento en el servicio .....	29
7. Problemas de explotación .....	30
IX. PLANEAMIENTO .....	31
1. Planeamiento de ingeniería de largo alcance .....	31
2. Pronósticos financieros de largo alcance .....	31
3. Cálculo de la carga .....	32
4. Planes de trabajo anual .....	33
5. Presupuesto anual .....	33
RESUMEN .....	35

## PREAMBULO

El sistema eléctrico rural,<sup>1/</sup> un singular elemento de la agricultura norteamericana y de la industria eléctrica de servicio público, ha constituido un factor de importancia en la expansión de la producción agrícola, en el mejoramiento de la vida rural y en la economía en los costos de construcción de sistemas de distribución de energía eléctrica.

La pauta seguida por el desarrollo de estos sistemas fue adaptada a los problemas y condiciones específicas en las zonas rurales de los Estados Unidos. Los principios en juego, sin embargo, eran universales y se aplican también a otras condiciones y problemas. El objetivo fundamental ha sido el suministro de servicio eléctrico desde centrales a todos los consumidores rurales, a un costo capaz de estimular un empleo mayor y progresivamente más extenso de la energía eléctrica.

Las organizaciones y las medidas financieras reflejan la propiedad e iniciativa particulares inherentes al desarrollo agrícola e industrial de los Estados Unidos. Las consideraciones tecnológicas se basaron en el punto de vista universal y profesional de los ingenieros, quienes se esforzaron constantemente por cumplir una mejor labor con mayor eficiencia, eficacia y economía.

La finalidad del presente documento consiste en facilitar la comprensión de la naturaleza interior de las condiciones, consideraciones y actuaciones que han sido las características integrales del diseño, construcción y explotación de los sistemas eléctricos rurales en los Estados Unidos. En la medida en que la exposición de estos antecedentes sirvan al lector - cuyo ambiente contenga condiciones y problemas diferentes - por encontrar ideas susceptibles de adaptarse a su caso particular, sabremos si el presente documento ha cumplido su finalidad. La materia será abordada desde nueve puntos de vista diferentes, en el siguiente orden: descripción; participantes; desarrollo; normas; financiamiento; diseño; construcción; explotación y conservación, y planeamiento. Con frecuencia se hace sólo referencia a una bibliografía amplia antes que detenerse en un exceso de detalles. En el presente documento se ofrece al lector una perspectiva general, dejando a su arbitrio y al de quienes puedan tener la responsabilidad de un aprovechamiento más intensivo de este material, el estudio pormenorizado de los contenidos en referencia.

<sup>1/</sup> The Yearbook of Agriculture, 1960, "Power to Produce", páginas 69, 75, 455.

## I. DESCRIPCION

Para conocer mejor las características de los sistemas eléctricos rurales, en cuanto se relacionan con la economía de diseño, construcción y explotación, necesitamos una comprensión común de la terminología y de los sistemas. El fin del presente capítulo es facilitar esta comprensión.

### 1. Definiciones

El término "sistema eléctrico rural", en la forma en que lo empleamos en este estudio, se refiere primordialmente a aquellos bienes de distribución eléctrica que han sido financiados por la Administración de Electrificación Rural (AER). Algunos cuentan con una cantidad moderada de elementos de transmisión y producción.

Para comprender con claridad la naturaleza de los sistemas eléctricos rurales, se debe observar que los agricultores de los Estados Unidos residen en sus predios. En la fecha del establecimiento de los sistemas, la mayoría de las familias que ahora viven en zonas rurales residían en predios agrícolas y se dedicaban casi exclusivamente a la actividad agrícola. Hoy día, muchas familias residentes en las zonas rurales no trabajan la tierra y obtienen su sustento de las industrias rurales o en las ciudades vecinas. La ciudad rural es principalmente un centro comercial para el agricultor. Un elevado porcentaje de estos centros de población recibe servicio eléctrico de centrales alimentadas por compañías comerciales.

Las zonas rurales desentendidas por sistemas eléctricos rurales lo están por prolongaciones rurales de sistemas urbanos y suburbanos de compañías energéticas comerciales.

### 2. Magnitud

Estos sistemas atienden aproximadamente la mitad de los consumidores residentes en las zonas rurales de los Estados Unidos y sirven a un cincuenta y cinco por ciento de los predios agrícolas. Son relativamente pequeños. Todos ellos cuentan con menos de veinticinco años de antigüedad, y el promedio de edad de los elementos de que disponen se aproxima a los 12 años.

/Existen 1 087

Existen 1 087 sistemas de esta clase, con una explotación de 1 500 000 millas de líneas que sirven acerca de cinco millones de explotaciones agrícolas, residencias rurales no agrícolas y establecimientos industriales rurales. Obtuvieron alrededor de 4 000 000 000 millones de dólares en préstamos del Gobierno Federal de esta cantidad, setenta y seis por ciento están invertidos en el equipo de distribución; doce por ciento en producción de energía y doce por ciento en transmisión.<sup>1/</sup>

### 3. Características eléctricas<sup>2/</sup>

El sistema eléctrico rural de los Estados Unidos es fundamentalmente un sistema de distribución de 7 200/12 470 V., de conexión múltiple a tierra, neutro común para primario y secundario, de 60 ciclos, desde el cual los consumidores reciben alimentación monofásica directamente a través de transformadores de distribución a 120/240 V., por tres conductores. Se hace llegar la línea de distribución de 7 200 V a una distancia de 200 pies del centro de consumo de cada predio agrícola. Un conductor está conectado a tierra, en tanto que los otros dos son de 120 V con respecto a tierra. Un porcentaje comparativamente pequeño de los predios agrícolas requiere servicio trifásico, primordialmente para bombas de riego u otros grandes consumos para motores. En estos casos se proporciona habitualmente un servicio trifásico de 240 ó 480 V por tres conductores.

En las zonas con poca densidad de población se emplea a veces un sistema de distribución de 14 400/24 900 V, de conexión múltiple a tierra, neutro común para primario y secundario, de 60 ciclos. Las 40 000 millas de líneas a este voltaje constituyen menos de un tres por ciento del total.

Un sistema típico de distribución consistiría en aproximadamente un veinte por ciento de circuitos trifásicos, un diez por ciento de circuitos bifásicos y un setenta por ciento de circuitos monofásicos. Los trifásicos y bifásicos se usan de preferencia para suministrar capacidad de porte de carga. Prácticamente todos los consumos son atendidos en forma monofásica.

1/ REA Bulletin 1-1, 1959, REA Annual Statistical Report, "Rural Electrification Borrowers".

2/ Characteristics and Technical Problems of the Rural Distribution Systems in the United States, Robert D. Partridge y John H. Rixse, Jr. Documento N° 26, Capítulo B.4, Ila. Reunión Seccional de la Conferencia Mundial de Energía, Belgrado, Yugoslavia, 1957.

Las líneas de transmisión son, por lo general, de 69 kv en estrella conectada a tierra. Se usaron algunas de 33 kv y 46 kv a fin de proveer tramos cortos de línea de transmisión desde las instalaciones de los proveedores de energía o interconexiones entre ellos. Actualmente se utilizan también algunas líneas de transmisión de 115 a 230 kv.

El nivel de impulso de tensión básico (BIL) del equipo usado en el sistema de 7 2/12 5 kv es de 95 kv, a excepción de cierto equipo de energía para servicio pesado que es de 110 kv. Los aisladores están designados para 65 kv de tensión de chispazo en ambiente seco, 35 kv de tensión de chispazo en ambiente húmedo, con un voltaje de salto de impulso positivo de 100 kv. Se usa aislación especial en zonas contaminadas.

El equipo usado en los sistemas de 14 4/24 9 kv tiene un nivel de impulso de tensión básico de 125 kv, a excepción de los interruptores reconectores automáticos y del equipo de subestación, que es de 150 kv. Los aisladores de línea tienen a 60 ciclos una capacidad de 95 kv de tensión para salto de arco en ambiente seco y 60 kv de tensión para salto de arco en ambiente húmedo y un valor de tensión de salto de impulso positivo de 150 kv.

Los elementos productores de energía eléctrica financiados por la AER<sup>3/</sup> reúnen aproximadamente 1 650 000 kw de potencia instalada. En esto está comprendida una gama de centrales diesel, hidráulicas y a vapor. Los tamaños individuales oscilan entre 100 y 100 000 kw. Los tamaños pequeños corresponden en su mayor parte a emplazamientos aislados, tales como islas y algunos puntos en Alaska. Las unidades más recientes son generalmente accionadas a vapor, con un promedio de 33 000 kw.

#### 4. Características físicas

La característica física dominante en la construcción de sistemas rurales es el empleo de conductores muy resistentes y de estructuras con aislador en el extremo del poste simplificadas.

En el caso del sistema de distribución, postes de madera de 30, 35 y 40 pies, colocados a razón de 10 a 13 por milla (dándose casos extremos en que se han colocado 8 y también 17), soportan conductores primarios muy resistentes

---

3/ "Report of the Administrator of the Rural Electrification Administration", 1960.

de cobre copperweld o de ACSR en tamaños que van del N° 6 al 1/0 AWG en equivalentes para el cobre. Las líneas monofásicas llevan el conductor primario sobre un aislador de espiga con el neutro 40 pulgadas más abajo sujeto al poste mediante un soporte de fijación. Los gráficos I<sup>4/</sup> y II<sup>4/</sup> ilustran una configuración monofásica con aislador en el extremo del poste (unidad de montaje A1) y trifásica (unidad de montaje C1) para 7 2/12 5 kv. El gráfico III<sup>5/</sup> ilustra una configuración monofásica con aislador en el extremo del poste de 14 4 kv (unidad de montaje VA1).

Las líneas de transmisión son diseñadas de modo semejante. Se hace uso liberal de la construcción del tipo de suspensión sobre poste sencillo en la forma ilustrada en el gráfico IV<sup>6/</sup> (unidad de montaje TS-1).

Las subestaciones son del tipo corriente, o bien, de diseño especial. Son compactas, por lo cual emplean un mínimo de equipo. Las capacidades se extienden desde 500 hasta 1 500 kva. La mayoría de las subestaciones están equipadas con tres transformadores de potencia monofásicos más uno de reserva, pero hay una tendencia al empleo de transformadores de potencia trifásicos.

Las disposiciones del Código Nacional de Seguridad Eléctrica (CNSE)<sup>7/,8/</sup> establecen las consideraciones básicas de seguridad en el diseño de cada línea. No obstante, si existen disposiciones locales más estrictas que las del CNSE, prevalecerán aquéllas sobre éstas.

La postación está constituida en su mayoría por postes de madera tratada a presión, utilizando creosota o pentaclorofenol como preservativos. La madera predominante es el pino amarillo del sur de los Estados Unidos.

---

4/ Formulario REA 804, Descripción de las unidades especificaciones y dibujos para la construcción de una línea de 7 2/12 5 kv.

5/ Op.cit., 803, Descripción de las unidades, especificaciones y dibujos para la construcción de una línea de 14 4/24 9 kv.

6/ Op.cit., 805, Descripción de las unidades, especificaciones y dibujos para la construcción de una línea de transmisión.

7/ National Electrical Safety Code (Reglamento de conexión a tierra y partes I, II, III, IV y V), marzo 1948, National Bureau of Standards Handbook H30, Aprobado por la American Standards Association.

8/ "Installation and Maintenance of Electric Supply and Communication Lines, Safety Rules and Discussion" (Comprende la parte 2, el análisis de la parte II, las definiciones y las reglas para conexión a tierra de la quinta edición del National Electrical Safety Code) agosto 1959, National Bureau of Standards Handbook H43.

El transformador monofásico con aisladores tipo alta tensión en el lado primario está montado directamente sobre el poste. Los medidores, colocados en el recinto del consumidor, son medidores ciclómetros de vatios-hora diseñados para autofacturación. El interruptor automático reconector de circuitos y el seccionador son los dispositivos básicos de seccionamiento y protección del sistema. La ferretería es de acero-carbono con acabado galvanizado por inmersión. El cable de los vientos es, por lo general, de calidad Siemens-Martin. Los aisladores son comunmente de campana para soporte montados sobre vástagos de acero con cabeza de plomo. Las varillas de toma de tierra son tanto de copperweld como de acero, predominando el primero. La varilla de toma de tierra de acero impide la corrosión galvánica de los ganchos de fijación de acero.

## II. PARTICIPANTES

El programa de electrificación rural, como se denomina al desarrollo, construcción y ampliación de estos sistemas eléctricos rurales, implica la participación activa y eficaz de diferentes grupos de gente. Para una mejor comprensión del papel que a cada cual corresponde, debemos pasar revista somera a la naturaleza y función de cada uno de ellos. Estos participantes, como los denominaremos, son la administración del sistema, la AER, el ingeniero, el contratista, el proveedor de energía y el fabricante y proveedor de material.

### 1. Administración del sistema

Cada sistema eléctrico rural es una empresa local de propiedad y administración autónomas.<sup>1/</sup> De 989 prestatarios activos, 929 son cooperativas, 43 son distritos públicos de energía, 13 son corporaciones municipales u otros organismos públicos y 4 son compañías de electricidad.

Estas últimas son sociedades anónimas particulares de servicio público, de propiedad de inversionistas y de carácter utilitario. Los sistemas municipales y los distritos públicos de energía constituyen empresas de propiedad pública que cuentan con el apoyo de la autoridad tributaria local. Las cooperativas son sistemas organizados localmente, no utilitarios, de propiedad de sus asociados y administrados a través de un consejo directivo elegido por ellos. Por lo general, se cree que una cooperativa es el tipo más representativo de sistema eléctrico rural.

La administración de cada uno de estos sistemas es responsable de la obtención del financiamiento necesario y del diseño, construcción, explotación y conservación de su sistema.

### 2. La Administración de Electrificación Rural

La AER<sup>2/</sup> fue creada por Decreto Presidencial de 1935. Su creación formó parte del Programa de Obras Federales destinado a absorber la cesantía. La AER se transformó durante su primer año de funcionamiento, en un organismo

---

1/ REA Bulletin 7-1R1, mayo 1954 "Guiding Statement of REA Policy Concerning its Relationship with Borrowers".

2/ Ibidem.

crediticio encargado de la electrificación rural en todo el país.<sup>3/</sup> Todos los préstamos le han sido otorgados sobre una base de devengar intereses y de liquidación automática.

La AER no es propietaria ni explotadora de instalaciones eléctricas. Sus funciones consisten en facilitar dinero para instalaciones eléctricas destinadas a prestar servicios en zonas rurales;<sup>4/</sup><sup>5/</sup> permitir a sus prestatarios el financiamiento de alambrados eléctricos, artefactos, equipo y tubería para los consumidores;<sup>6/</sup> y garantizar el reembolso de los empréstitos mediante resguardos convenientes. La AER puede prestar el 100 por ciento de los fondos necesarios con garantía de primera hipoteca sobre la instalación. Los empréstitos devengan el 2 por ciento de interés, son otorgados por períodos que no excedan de 35 años y su reembolso se opera a través de los ingresos de explotación de los prestatarios.

Para garantizar el reembolso de los préstamos, la AER estudia las posibilidades que ofrecen las solicitudes de crédito y establece normas de resguardo en el uso de los fondos y en el diseño, construcción, explotación y conservación de las instalaciones.

### 3. Ingenieros<sup>7/</sup>

Todas las instalaciones auspiciadas por la AER son diseñadas por ingenieros consultores particulares, o ingenieros de planta pertenecientes al servicio de los sistemas eléctricos rurales. Los "ingenieros consultores" se encargan también de otros tipos de servicios de ingeniería para los sistemas, por ejemplo, inspección de construcciones, operaciones, conservación, planeamiento, preparación de solicitudes de crédito, análisis y levantamiento de planos del suministro eléctrico. Tanto los ingenieros consultores como los ingenieros de planta se denominan generalmente "ingenieros de sistema".

<sup>3/</sup> Op.cit., 1-3, junio 1957, "Rural Electrification Act of 1936 with Amendments as Approved to June 1957".

<sup>4/</sup> Op.cit., 20-2, noviembre 1959, "Electric Loan Policy and Application for Section 4 Loans".

<sup>5/</sup> Op.cit., 20-6, enero 1959, "Loans for Generation and Transmission".

<sup>6/</sup> Op.cit., 24-1, septiembre 1957, "Consumers Equipment and Installation Loans under Section 5 of the Rural Electrification Act".

<sup>7/</sup> Op.cit., 41-1, octubre 1958, "Engineering Services for Electric Borrowers".

#### 4. Contratistas<sup>8/</sup>

La construcción de las instalaciones de los sistemas eléctricos rurales está a cargo de contratistas particulares independientes, o bien la hace el sistema por sus propios medios. En un comienzo las instalaciones estaban por lo general a cargo de los contratistas. Esto sucede todavía respecto a las ampliaciones importantes y a los cambios extensos en las instalaciones del sistema. El personal de los sistemas eléctricos rurales se utiliza en labores de conservación, ampliaciones pequeñas y, en ciertos casos, en construcciones importantes. La modalidad general de la construcción económica ha asumido el aspecto de la utilización eficaz del contratista.

#### 5. Proveedor de energía<sup>9/</sup>

Un ochenta y cinco por ciento de la energía distribuida por los sistemas eléctricos rurales es adquirido; el resto es producido por generación propia. Del 85 por ciento adquirido, las compañías de electricidad proporcionan un cuarenta y uno por ciento, los organismos federales y un treinta y siete por ciento y otras entidades públicas un siete por ciento. El costo de la energía varía grandemente en diferentes partes de los Estados Unidos. Los costos medios de la energía en bloques han sido reducidos desde 10 milésimas de dólar en 1941 a siete milésimas de dólar en 1959. Se trata de la mayor partida de gastos individualmente considerada; como porcentaje del total de los gastos de explotación, la energía en bloques está adquiriendo importancia creciente.

#### 6. Fabricantes y proveedores de material<sup>10/</sup>

Los fabricantes y proveedores de material, denominados corrientemente "proveedores", representan una iniciativa de la industria particular.

---

8/ Op.cit., 40-6, noviembre 1959, "Construction Methods and the Purchase of Materials and Equipment".

9/ Op.cit., 111-2, junio 1959, "Annual Report of Energy Purchased", por REA Borrowers.

10/ Op.cit., 44-1, enero 1947, "Specifications and Standards for Materials and Equipment".

Los materiales suministrados son generalmente aquellos disponibles en el comercio, elaborados y producidos con arreglo a normas vigentes en todo el país. Un mercado conjunto para materiales de construcción de líneas rurales indujo a los proveedores a entregar artículos de material y equipo específicamente diseñados para este uso. En aquellos casos en que no es posible aplicar directamente las normas de la industria, los materiales se elaboran con arreglo a las normas de la AER<sup>11/</sup> que, por lo común, contienen las normas nacionales, total o parcialmente. Los materiales que los proveedores pueden proporcionar a los sistemas eléctricos rurales han sido revisados y se ha determinado que contienen las características físicas y eléctricas mínimas requeridas para la función que han de desempeñar.<sup>12/</sup> La adquisición de materiales se realiza a base de propuestas formales, cotizaciones de fabricantes, o mediante pedido directo.

---

<sup>11/</sup> Ver nota 1/.

<sup>12/</sup> Op.cit., 43-5, junio 1960, "List of Materials Acceptable for Use on Systems of REA Electrification Borrowers".

### III. DESARROLLO

El sistema eléctrico rural, actualmente una entidad bien definida y un sector importante de la industria de la energía eléctrica en los Estados Unidos, no se desarrolló de la noche a la mañana. Constituye el resultado de una evolución de ideas tanto en lo técnico como en lo administrativo. Esta evolución o desarrollo desde el concepto hasta la realidad puede ser mejor descrito considerando brevemente tres fases o eras de desarrollo: la inicial, hasta 1940; la intermedia, de 1940 a 1960, y la actual.

#### 1. Inicial

Con anterioridad a 1935, las pocas líneas rurales que suministraban servicio eléctrico desde centrales al 10.9 por ciento de los predios agrícolas de los Estados Unidos, se extendían a lo largo de las carreteras principales, vías férreas eléctricas interurbanas y cortas extensiones desde las ciudades. La construcción inicial de los sistemas eléctricos rurales, que comenzó en 1935, consistió fundamentalmente en líneas estrictamente rurales. Estas líneas eran prolongaciones de las instalaciones de las compañías de electricidad de las cuales se adquiría la energía, o procedían de subestaciones pequeñas, casi siempre monofásicas, proporcionadas por la compañía. Cada instalación, en su diseño y construcción, era considerada como una línea, habitualmente monofásica, de 7 200 V. Se solicitaba a todas las personas del sector inmediato por donde pasaría la línea, que se asociasen a la cooperativa, y ellas recibían atención si se asociaban y pagaban su cuota social.

Se empleaban los materiales y equipo de que se disponía en aquel entonces. Entre ellos se contaban transformadores con dos aisladores de alta tensión en lado primario, estructuras de crucetas planas, vientos aislados, etc. Desde el punto de vista del costo, las líneas primitivas alcanzarían a 2 000 dólares o más por milla. Esto era prohibitivo. No obstante, se sacó provecho inmediato de los adelantos inmediatamente precedentes a 1935, utilizando el transformador con un aislador de alta tensión en el lado primario, estructura vertical y conductores muy resistentes, lo que permitió bajar el costo promedio a 1 000 dólares por milla. La introducción de los métodos de construcción en masa, que se tratará más adelante, permitió rebajar los costos hasta 500 dólares por milla a fines de la tercera década y comienzos de la cuarta del presente siglo.

## 2. Intermedia

A medida que aumentaba por parte de los consumidores rurales el deseo de obtener servicio eléctrico desde centrales y que adelantaban los medios y arbitrios para proveer este servicio, se hizo evidente que no eran líneas lo que se necesitaba construir, sino sistemas. Este período, que cobró un ímpetu considerable durante los últimos años de la cuarta década del siglo, a continuación de la segunda guerra mundial, trajo la construcción de líneas de transmisión, subestaciones y sistemas de distribución integrados. Se logro economías en diseño, explotación y conservación. También se obtuvo costos más bajos de venta de la energía en bloque.

## 3. Actual

En la actualidad, los sistemas eléctricos rurales de los Estados Unidos, como entidades independientes, constituyen una parte diferente, pero integral, de la industria de la energía eléctrica. Han pasado más allá de la etapa del desarrollo y han sido los precursores del planeamiento de sistemas de largo alcance y de técnicas mejoradas de explotación, al mismo tiempo que han obtenido las mejoras necesarias en equipo y materiales mientras continuaban rebajando el costo al consumidor de 5.06 centavos en 1941 a 2.39 en 1959.

#### IV. NORMAS

El desarrollo de los sistemas eléctricos rurales, el vasto plan de construcciones y la rebaja de costos sobre una base nacional, se vieron reforzados mediante un empleo prudente y consecuente de las normas. Francamente, éstas eran una necesidad. Además, habían de ser dinámicas y reflejar la vasta experiencia lograda con el progreso.

Las normas aplicables abarcan muchos ramos, a saber, sistema, líneas, estructuras, materiales y equipo, contratos, relaciones y procedimientos. Este capítulo se refiere a las normas en estos sectores de interés.

##### 1. Sistemas

Como requisito previo para otorgar un empréstito, la AER estableció y mantiene normas para el diseño de sistemas eléctricos rurales. Estas son generales y amplias en cuanto a practicabilidad, posibilidad de servir a todos los clientes dentro de la zona en que las instalaciones han sido construidas, utilización de personal competente de ingeniería y construcción a los más bajos costos practicables, corrientemente como resultado de propuestas por concurso. Estas directivas amplias requieren que se cuente con fondos adecuados para completar la obra prevista y que ella se cumpla y se verifique en sujeción a las prácticas aceptadas de contabilidad e ingeniería. El CNSE<sup>1/</sup> constituye un requisito para estos casos.

##### 2. Líneas

Las líneas monofásicas están también sometidas a las normas prescritas por la AER. Ellas comprenden una caída de voltaje máxima de siete por ciento en la línea primaria, dos por ciento en la secundaria y en el servicio, y tres por ciento en el transformador.<sup>2/</sup> Además, cada línea ha de ser diseñada de acuerdo con las determinaciones de la sección más económica del conductor.<sup>3/</sup> La fijación del trazado, hasta donde sea práctico, habrá de atenerse a servidumbres privadas con el objeto de reducir a un mínimo los cambios futuros por causa de ampliación de caminos. Se establecen

1/ Ver nota 8/, I. Descripción.

2/ Op.cit., 169-4, marzo 1952, "Voltage Levels on Rural Distribution Systems".

3/ Op.cit., 60-9, mayo 1960, "Economical Design of Primary Lines for Rural Distribution Systems".

normas de seccionamiento para elevar a su grado óptimo la restauración del servicio y reducir a un mínimo las interrupciones de servicio al consumidor.<sup>4/</sup>, <sup>5/</sup>

### 3. Materiales y equipo

Los materiales y equipo incorporados a las líneas financiadas por la AER están sujetos a revisión y debe establecerse que sean satisfactorios.<sup>6/</sup> En esto, se observan normas nacionales y de la industria, excepto en aquellos casos en que se establece que son inadecuadas. En esta situación, las normas AER están establecidas y en uso.<sup>7/</sup> Cada artículo del material se revisa en cuanto a su diseño y a sus características físicas y eléctricas, experiencia en el servicio y capacidad para afrontar las condiciones de funcionamiento a que será expuesto. Se inscriben en una lista aquellos artículos cuya calidad satisfactoria ha sido establecida. La revisión e inscripción están a cargo de un comité independiente de ingenieros anónimos, cuya composición cambia constantemente.

### 4. Contratos

Se han establecido y se utilizan contratos normalizados de ingeniería y construcción.<sup>8/</sup> Ellos contribuyen a la uniformidad de requisitos y procedimientos, facilitando así la rebaja de los costos.

### 5. Relaciones y procedimientos

Las responsabilidades mutuas de proveedores, ingenieros, contratistas, administración de sistemas eléctricos rurales y AER respecto a las normas, han sido bien establecidas y son perfectamente entendidas. Todos los sectores de la industria las respetan. Ayudan a la mutua protección y beneficio. Los procedimientos asociados con la revisión de las normas y aplicación de las mismas establecen una continuidad que ha mantenido los costos a un mínimo.

<sup>4/</sup> Op.cit., 61-2, marzo 1958 (y suplemento, octubre 1958), "Guide for Making a Sectionalizing Study on Rural Electric Systems".

<sup>5/</sup> Op.cit., 60-7, junio 1960, "Service Reliability".

<sup>6/</sup> Ver nota <sup>12/</sup>, II. Participantes.

<sup>7/</sup> Ver nota <sup>8/</sup>, II. Participantes.

<sup>8/</sup> Ver nota <sup>8/</sup>, II. Participantes.

## V. FINANCIAMIENTO

El financiamiento representó un importante papel en el desarrollo de los sistemas eléctricos rurales. Las características destacadas comprenden practicabilidad, créditos de la AER y fondos generales.

### 1. Practicabilidad

Cada parte individual de construcción, al ser considerada con otras instalaciones existentes a la luz de los consumos actuales y proyectados, debe ser económicamente practicable. Esta prueba de practicabilidad ha constituido parte integral del desarrollo del sistema eléctrico rural desde su nacimiento en 1935. La practicabilidad, es decir, la capacidad de ingresos de las instalaciones para permitir el reembolso del total del capital invertido, es una característica singular del sistema eléctrico rural. Al vencer un plazo hipotecario, toda deuda habrá sido cancelada. Si las instalaciones no son capaces de pasar por esta prueba, no se aborda su construcción.

### 2. Préstamos de la AER

Inicialmente la AER facilitó un cien por ciento de la totalidad de los requisitos financieros del sistema eléctrico rural. Hoy día, los sistemas invierten parte de sus fondos propios. Cuando se necesitan fondos de la AER, se hace un análisis y se elabora un presupuesto de un proyecto de ingeniería. Esto se hace principalmente para determinar el costo aproximado. El ingeniero y la administración del sistema elaboran sus presupuestos de futuro consumo de energía, tanto en función del consumo individual como del número y clase de consumidores. Se analiza el costo de la energía y de la operación y conservación, así como de otros gastos administrativos. Todos estos datos se presentan conjuntamente en forma lógica y se elevan a la consideración de la AER. Esta última hace sus propios análisis de practicabilidad. La circunstancia de establecerse que una petición de crédito, junto con todos los préstamos anteriores, será practicable y que su reembolso será posible, es suficiente para que se conceda el crédito y se entreguen los fondos. Todos los fondos prestados no se

/entregan de

entregan de inmediato. El sistema eléctrico rural gira fondos sólo a medida que los necesita. El interés se aplica a contar del momento en que se gira el dinero.<sup>1/</sup>

### 3. Fondos generales

Los sistemas eléctricos rurales, a medida que han crecido, y aumentado su valor neto desde cero a un dieciocho por ciento, han contado progresivamente con fondos generales derivados de la renta disponible para inversión en sus propios sistemas. Cuando un sistema desea reembolsarse estos fondos generales, solicita un crédito que es evaluado en la misma forma que un crédito para una construcción inicial.

---

<sup>1/</sup> Ver nota <sup>4/</sup>, II. Participantes.

## VI. DISEÑO

El diseño de las instalaciones individuales de los sistemas eléctricos rurales, así como del sistema en su conjunto, entraña una cantidad de características únicas. Estas características quedan más de manifiesto si se consideran las cargas y zonas de servicio, los planes y especificaciones y los datos que corresponda.

### 1. Cargas y zonas de servicio

El diseño de cualquier sistema eléctrico supone un conocimiento de varios aspectos y la idoneidad correspondiente:

- a) Cálculo de carga;
- b) Equipo;
- c) Técnicas de construcción;
- d) Cálculo de la vida útil de las instalaciones;
- e) Necesidades y capacidad futuras del sistema.

En el desarrollo del sistema eléctrico rural en los Estados Unidos, el cálculo de las cargas ha sido abordado en dos formas generales. La primera no era científica e involucraba una buena dosis de fe. La segunda, junto con el primer método actual, involucra procedimientos científicos reforzados por una amplia experiencia y buenos pronósticos.

El consumo anual para una familia individualmente considerada en una zona rural en 1926 dio un promedio de 586 kWh. Los ingenieros que proyectaron las líneas eléctricas rurales primitivas consideraban un consumo de proyecto por predio agrícola de 60-90 kWh mensuales, o sea 720-1 080 kWh anuales. Este régimen de menos de 50 kWh mensuales era representativo de la zona al este del meridiano 100°, que contenía poco o ningún bombeo de riego. Es digno de señalar que estos cálculos de consumo agrícola se basaron solamente en unos cuantos predios vecinos a la ciudad y proyectos de la Estación Agrícola Experimental. Simultáneamente con el proyecto y construcción de las líneas iniciales se puso en marcha un programa intensivo de educación destinado a estimular el uso eficaz de la electricidad.

/Estos cálculos

Estos cálculos de consumo, que bordeaban los 1 000 kWh anuales, se demostraron inadecuados dentro de pocos años. Afortunadamente, el período de la segunda guerra mundial produjo una paralización virtual de la ampliación de las líneas rurales. Cuando se abrieron las compuertas del período siguiente a la segunda guerra mundial, se elaboraron y utilizaron vastas técnicas en los estudios sobre necesidades de energía, abarcando los factores desarrollados por investigaciones básicas y aplicadas en el ramo de la electrificación rural.<sup>1/</sup> Estos estudios comprendieron los siguientes puntos:

- a) El nivel de los ingresos agrícolas;
- b) Naturaleza y dimensiones de la empresa agrícola específica;
- c) Tiempo con servicio eléctrico;
- d) Tarifas en bloques y para pequeños consumos;
- e) Fuentes de energía competitivas;
- f) Adecuación del servicio eléctrico;
- g) Esfuerzos de promoción;
- h) Nuevos desarrollos tecnológicos.

El período de postguerra también dio nuevo impulso y estabilidad a un antiguo factor - lo que es muy importante desde el punto de vista del diseño - el concepto del "área de servicio". Se estableció el requisito de que los créditos fuesen otorgados bajo el compromiso por escrito de que todos los consumidores residentes en la zona para la cual se destinara el préstamo recibirían servicio. Esto significaba que ahora se podría evaluar una zona completa y diseñar un conjunto conveniente de instalaciones. Los cálculos de carga durante este período, usados para fines de diseño, promediaron 1 800 a 3 600 kWh anuales. Las diferencias en los valores reflejaron una variación en la capacidad de las familias agrarias de los diversos sectores de los Estados Unidos para utilizar con eficacia la energía eléctrica. Los cálculos de diseño durante el período de postguerra fueron los consumos que se esperaba serían alcanzados dentro de 10 años. Habitualmente llegaban hasta un doscientos por ciento del consumo existente al momento de hacer el cálculo.

<sup>1/</sup> Documento 60-5003 de la Conferencia del American Institute of Electrical Engineers (AIEE), Everett R. Brown, "Forecasting Power Requirements for Rural Distribution Systems".

La experiencia ha demostrado en repetidas ocasiones que en las zonas rurales el consumo se duplica cada siete años. En la actualidad el promedio de consumo agrícola es de 4 500 kWh anuales en estos sistemas eléctricos rurales.

Cada sistema eléctrico rural está organizado para servir a una zona determinada. Corrientemente dicha zona abarca uno o más condados. El sector de servicio de cada sistema eléctrico rural está limitado por los sistemas eléctricos rurales adyacentes o por la zona atendida por las compañías eléctricas comerciales circunvecinas. En virtud de la ley federal, no se pueden usar créditos para servir a localidades con más de 1 500 habitantes, o para atender a consumidores ya servidos por centrales.

Durante los últimos seis años se ha desarrollado un concepto de planeamiento de ingeniería<sup>2/</sup> de largo alcance que se aplica en la actualidad al diseño de sistemas eléctricos rurales.<sup>3/</sup> Hoy día, en lugar de construir cada instalación para un crecimiento a diez años plazo, se elaboran planes para un sistema destinado a atender un consumo de cuatro a seis veces el actual. Esto se completa con planes de trabajo anuales, basados sobre un análisis de las cargas y condiciones del sistema en el momento oportuno.<sup>4/</sup> Dicho análisis se hace para determinar la construcción inmediata requerida, lo cual está de acuerdo con el objetivo de largo alcance del sistema. En esta forma se logra una considerable economía a largo plazo.

## 2. Planos y especificaciones

Los planos y especificaciones utilizados en la construcción de las instalaciones de los sistemas eléctricos rurales son únicos.

Un ingeniero consultor, generalmente el que confecciona el trazado básico para un sistema y se encarga de la preparación de una solicitud de crédito, diseña el sistema en la forma en que habrá de ser construido. Este diseño puede abarcar una o varias líneas, subestaciones e instalaciones de transmisión. El diseño y construcción de instalaciones de producción de

<sup>2/</sup> Documento 55-746 de las Memorias del American Institute of Electrical Engineers (AIEE), octubre 1955, John H. Rixse, Jr., "Rural Electric System Planning".

<sup>3/</sup> REA Bulletin 60-8, junio 1957, "System Planning Guide for Electric Distribution Systems".

<sup>4/</sup> Op.cit., 60-10, noviembre 1959, "Annual Work Plans, Electric Distribution Systems".

energía eléctrica son habitualmente atendidos en forma separada. Los datos fundamentales para un diseño están tratados más adelante. Una vez acordado un diseño, el ingeniero prepara los planos y especificaciones. Estos se establecen sobre la base de propuestas públicas y en sobre cerrado. Todos los términos contractuales, las condiciones de preparación de las propuestas, las normas para los materiales, para la construcción física y otras normas y especificaciones afines están contenidos en su totalidad en un documento preparado que se puede obtener en la AER. 5/, 6/, 7/, 8/ Este documento es ajustado, según convenga, por el ingeniero consultor. El ingeniero, sobre la base de su experiencia anterior y de una dosis limitada de apreciación aventurada, calcula las cantidades de material que se necesita.

En lugar de llamar a propuestas para tantas millas de línea de determinado tamaño de conductor, el ingeniero calcula el número y clase de unidades de construcción necesarias para construir la línea. Esto es lo que hay de único en los planes y especificaciones. Cada línea consiste en un grupo de unidades de montaje, por ejemplo, un poste es una unidad; 1 000 pies de conductor son una unidad; un gancho de fijación, un viento, un transformador, todos son unidades separadas. Para la configuración de aislador en el extremo del poste existe una unidad separada para cada disposición normal de aislador en el extremo del poste.

En el gráfico I, por ejemplo, una unidad de cabeza de poste comprendería el vástago del aislador, tuerca y perno para el conductor primario y el soporte, perno, tuerca y golillas para el soporte del neutro. Estas cantidades están anotadas en los planos y especificaciones en hojas especiales. El documento básico para la construcción de la línea de distribución y transmisión es el formulario AER 830<sup>9/</sup> más uno o más de los juegos de dibujos de normas, formularios AER 803, 804 y 805. 10/, 11/, 12/

---

5/, 6/, 7/: Ver notas 4/, 5/ y 6/, I. Descripción.

8/ Formulario REA 830, abril 1955, "Contrato de construcción para sistema eléctrico (mano de obra y material)".

9/ Ver nota 10/, II. Participantes.

10/, 11/, 12/: Ver notas 4/, 5/ y 6/, I. Descripción.

### 3. Datos fundamentales

El diseño de un sistema, una línea o una modificación en un sistema existente por un ingeniero consultor debe estar basado en análisis de ingeniería sólidos. Estos comprenden estudios de regulación de voltaje,<sup>13/</sup> estudios de seccionamiento,<sup>14/</sup> cálculos y dibujos para estructuras especiales, análisis económicos para la selección del conductor económico<sup>15/</sup> y cualesquiera otros estudios de ingeniería especiales que sea conveniente realizar.

---

<sup>13/</sup> REA Bulletin 45-1, febrero 1953, "Procedure for Making Voltage Drop Study".

<sup>14/</sup> Ver nota <sup>4/</sup>, IV. Normas.

<sup>15/</sup> Ver nota <sup>3/</sup>, IV. Normas.



## VII. CONSTRUCCION

Las técnicas utilizadas en la fase de construcción de los sistemas eléctricos rurales han sido sumamente significativas en cuanto a la obtención de instalaciones de bajo costo y alta calidad. Estas técnicas son valederas para los procedimientos de propuestas, métodos de construcción, requisitos de inspección y técnicas de producción en masa. Se aplican principalmente para la construcción de grandes kilometrajes de línea como ocurrió durante los primeros veinte años del programa de electrificación rural.

### 1. Propuestas

Durante los años de formación de cada sistema eléctrico, casi todos los contratos de construcción se concedían sobre la base de propuestas. Esto era exacto para los primeros 20 de los 25 años del programa. Demostró ser el método más económico de construcción, es particularmente adaptable a vastos programas de construcción.

La propuesta es un procedimiento mediante el cual el ingeniero prepara planos y especificaciones detallados en la forma anteriormente descrita. Estas bases son luego puestas a disposición de los contratistas con una anticipación de 30 a 60 días a la fecha de apertura de una propuesta dada. Cada contratista estudia los antecedentes y prepara su propuesta. Esta consiste en establecer su precio "propuesto" para cada unidad de montaje de la construcción, por ejemplo, postes de 35 pies, categoría 6; postes de 35 pies, categoría 7; 1 000 pies de conductor ACSR N° 2 7/1; 1 000 pies de conductor ACSR N° 1/0-6/1; transformadores de 3 kva; transformadores de 5 kva, etc. Estos precios por unidad de montaje se multiplican en seguida por el número calculado de unidades y los resultados se totalizan para cada grupo unitario, como se ilustra en los gráficos 5, 6 y 7. Las propuestas selladas son abiertas por el ingeniero en presencia de todos los oponentes y de la administración del sistema. El contrato se concede al contratista que haya presentado la propuesta más baja.

### /2. Métodos

## 2. Métodos de construcción

Además de la construcción por un contratista y como resultado de la propuesta, se usan en la actualidad varios otros métodos. Estos tienen cierto valor desde que prácticamente todos los sistemas eléctricos rurales ya han construido sus instalaciones de base. Estos métodos comprenden construcción por medios propios del sistema, negociación de una parte substancial de la construcción con un contratista particular y negociación de ciertos precios unitarios con un contratista para la construcción por partes de extensiones pequeñas a través de un período determinado, por ejemplo, un año.

Otra manera de contemplar el método de construcción es desde el punto de vista de la utilización de las herramientas y equipo. Hace 25 años la mayor parte del trabajo se cumplía a mano y con herramientas manuales. Un ejemplo era la excavación de hoyos mediante excavadores, palas y cucharas para hoyos de postes. La construcción en gran escala ocasionada por los sistemas eléctricos rurales indujo a los ingenieros, contratistas y fabricantes a arbitrar medios de introducir expedición y economía en la construcción. Esto se tradujo en numerosos adelantos. Entre éstos se contaron equipos especiales para el tendido de conductores bajo tensión, para pretensar los conductores y para excavación mecánica de hoyos para postes.

## 3. Inspección

La estricta inspección por parte de los ingenieros residentes destacados en el terreno por el ingeniero consultor y por parte de la AER una vez hecha la construcción, era absolutamente indispensable. Esta inspección es preconizada sobre la base de la suposición de que, a menos que las instalaciones fuesen construidas de acuerdo con las normas, con arreglo a los planos y especificaciones y de manera de reflejar una ejecución a conciencia, no existía seguridad de que ellas prestasen un servicio adecuado y brindasen una protección para la garantía del crédito. En algunos casos esta inspección sería de cien por ciento en todas las instalaciones. En la mayoría de los casos consistía en inspección periódica durante la construcción con una inspección detallada de 10 por ciento o más sobre una base

/selectiva al

selectiva al término de la construcción. Un diez por ciento del pago final era retenido al contratista mientras se procedía a esta inspección final y él corregía todos los errores o ejecutaba cuantos cambios fuesen estimados necesarios por el inspector.

Estos inspectores, que actuaban en representación del ingeniero consultor y de la AER, mantenían también estrecha vigilancia sobre los materiales recibidos para el trabajo y empleados en él. Esta era una precaución destinada a asegurar el empleo de sólo aquellos materiales aceptables para uso en instalaciones financiadas por la AER.<sup>1/</sup>

#### 4. Construcción en masa

Aun cuando en el desarrollo del sistema eléctrico rural se emprendió una construcción uniformada en gran escala, el costo no habría sido aún rebajado si no hubiese sido por el empleo de técnicas de línea de montaje.<sup>2/</sup> Combinadas, éstas permitieron la construcción de líneas a razón de 500 dólares la milla durante el período anterior a la segunda guerra mundial. Esto fue una rebaja de cincuenta por ciento con respecto a otra moderna construcción de líneas rurales sin el auxilio de estos elementos. La construcción en gran escala y las unidades de construcción normalizadas, por ejemplo, las configuraciones de cabeza de poste, permitieron a los contratistas utilizar una técnica de construcción en la línea de montaje. Esto era una innovación en la industria eléctrica de servicio público.

Al aplicar esta técnica de línea de montaje en la construcción de instalaciones eléctricas rurales, un contratista prepararía cuadrillas para cada una de las operaciones individuales requeridas. Algunas de estas operaciones eran: distribución de los postes; excavación de hoyos para postes; colocación de la ferretería y demás equipos sobre el poste antes de su erección (esto eliminaba la costosa práctica de que un liniero subiese a lo alto del poste a colocar la ferretería); colocación del poste y relleno de los hoyos tendidos del conductor; fijación del conductor a la tensión y flecha convenientes; instalación del transformador en el predio agrícola; instalación del servicio en la casa o galpón del predio agrícola. Cada una de estas cuadrillas, dotada de preparación y equipo especiales, se desplazaría

---

<sup>1/</sup> Ver nota 12/, II. Participantes.

<sup>2/</sup> Ver nota 1/, Preámbulo.

a lo largo de la línea una tras otra, cumpliendo su función sobre una base de repetición del trabajo. En el período 1947-1951, se alcanzó un promedio nacional de construcción de 561 millas por día de trabajo. El máximo alcanzado fue de 707 millas diarias en 1949.

#### 5. Construcción por partes

En el extremo opuesto de la escala con respecto a la construcción en masa con su aplicación de la técnica de línea de montaje, se encuentra la construcción por partes de cortas extensiones de líneas. Aquí, para mantener los costos bajos, se emplean dos métodos. El primero consiste en utilizar la cuadrilla de conservación y explotación para esta obra de construcción limitada, lo que se logra mediante la cuidadosa integración de la nueva construcción y del trabajo de conservación. Esto proporciona una mayor productividad por parte de las cuadrillas regulares, al mismo tiempo que las mantiene al día en lo que respecta a las nuevas prácticas de construcción.

Un segundo método consiste en concertar un acuerdo con un contratista para la construcción de extensiones cortas. El contratista trabaja una vez más sobre la base de aumentar la productividad de una cuadrilla mediante "relleno" con este pequeño trabajo esporádico, o bien concierta contratos con una cantidad de sistemas para este tipo de trabajo, lo que en conjunto permite una economía.

## VIII. EXPLOTACION Y CONSERVACION

Los sistemas eléctricos rurales poseen ciertas características naturales de explotación que son únicas por cuanto son valederas para todo el sistema. Entre ellas se cuentan los tramos de suspensión largos, los conductores muy resistentes, una vasta exposición a la acción de los rayos, tempestades y árboles, largos trayectos de transporte y sistemas de comunicaciones rurales inadecuados. Desde el comienzo, los sistemas eléctricos rurales se han visto frente a la necesidad de prestar atención de elevada prioridad a la explotación y conservación. Esto comienza con el diseño. Ha comprendido el perfeccionamiento de materiales, normas de construcción y prácticas de explotación. Aspectos ilustrativos dignos de mención son el seccionamiento, las servidumbres de pasada y las labores de limpieza de terrenos, las comunicaciones, la postación, el comportamiento del equipo y materiales, entrenamiento en el servicio y los problemas de explotación.

### 1. Seccionamiento

Pronto se estableció en las líneas rurales que los fusibles no eran satisfactorios. Se desarrollo entonces un circuito reconcertador automático, lo que permitió la desconexión automática de una línea por fallas intermitentes, dejándola fuera de servicio en forma permanente sólo después de tres intentos de reconexión. El reconectador es un dispositivo automático, de disparo de desconexión y reposición capaz de soportar la corriente máxima de falla. El diseño del plano de seccionamiento es un elemento esencial de cada plan anual de trabajo y de los nuevos planes de diseño del ingeniero.<sup>1/</sup> Este solo dispositivo ha rebajado los costos generales de construcción así como los de explotación y conservación.

### 2. Servidumbres de pasos

La mayoría de las líneas rurales están construidas sobre servidumbres de paso particulares. Para una línea monofásica de 7 200 V se requiere una servidumbre de paso de 20 pies o más. Inicialmente las servidumbre de paso eran de 10 pies. Esto demostró ser inadecuado. Vastos métodos de utilización de medios mecánicos y químicos de limpieza de terreno han sido creados y están en uso. El mejor método es una combinación de los dos que se adapte mejor al sitio de empleo y a su uso a base de un

<sup>1/</sup> Ver nota 4/, IV. Normas.

programa regular. Es necesario asegurar tanto la conservación de los terrenos cubiertos por vida silvestre como la protección contra la erosión y el mantenimiento de la accesibilidad para las cuadrillas de servicio.<sup>2/</sup>

### 3. Comunicaciones

Las grandes distancias implicadas en la explotación de un sistema eléctrico rural hicieron necesaria la creación y aplicación del sistema de radiotransmisor y receptor portátil. Esta técnica es ahora de uso universal. Todos los vehículos de servicio y muchos de los de construcción están equipados con radio-transmisor y receptor portátiles. Estos sistemas de comunicaciones están diseñados e instalados de tal modo que se puede establecer enlace entre vehículos en cualquier parte del sistema. Ahora que la telefonía rural ha aumentado de 20 a 70 por ciento el número de predios rurales dotados de servicio telefónico, el personal del sistema recibe oportunamente de parte de los consumidores las informaciones sobre interrupciones del servicio eléctrico. Esto ha facilitado el restablecimiento del servicio y mejorado su continuidad.

### 4. Postación

Se han usado postes de madera en forma universal. Estos postes han sido tratados a presión sobre células vacías con creosota o pentaclorofenol-petróleo. Un tratamiento térmico sin aplicación por presión se ha empleado en ciertos casos en la parte noroeste de los Estados Unidos. Las dimensiones de los postes son aquellas establecidas por la American Standards Association (ASA) a través de su Comité O5 de Postes de Madera. Estas dimensiones normalizadas permiten que los postes de la misma clase, sin tener en cuenta la especie y tratamiento, tengan la misma capacidad de carga de diseño.

Los postes constituyen la parte más vulnerable de la instalación eléctrica. Siendo un producto de la naturaleza, sujeto a todos los caprichos de ésta, se carcomen a pesar del tratamiento. Los sistemas eléctricos rurales, después de una experiencia de 25 años y de haber alcanzado una edad media de 12 años, están prestando ahora a los postes una atención creciente. Se procede a inspección por muestreo de los postes entre el

---

<sup>2/</sup> Op.cit., 161-17, abril 1959, "Brush Control Practices for Right-of-Way Control.

octavo y décimo años de servicio. Se extraen e inspeccionan muestras más detalladas alrededor del décimoquinto año de servicio. De allí en adelante se inspeccionan todos los postes.<sup>3/</sup>

#### 5. Comportamiento del equipo y materiales

La AER ha estado desarrollando, durante el último decenio, un análisis sistemático del comportamiento del equipo sobre la base de los informes elevados por los sistemas eléctricos rurales. Estos informes se presentan en forma de tarjeta postal. Los sistemas estadísticamente escogidos, que representan alrededor de un 20 por ciento del total de los sistemas eléctricos rurales, informan sobre todas las partidas. Todos los informes son revisados, dando atención preferente a los postes, transformadores y conductores. Las revelaciones proporcionadas por estos informes se han traducido en la adopción de soluciones aplicables a la explotación, conservación y materiales.

#### 6. Entrenamiento en el servicio

Los sistemas eléctricos rurales eran fundamentalmente una operación llevada a buen término con una pobreza extremada de medios. La administración, tanto directores como administradores, tenía poca o ninguna experiencia en sistemas eléctricos. La mayoría de las cuadrillas carecían igualmente de experiencia. Los sistemas han crecido con rapidez y lo propio ha sucedido con la fuerza laboral. Esta necesitaba entrenamiento. Exigía adiestramiento práctico específico en el servicio respecto al desempeño de diversas tareas de construcción, explotación y conservación. Para lograr ésto, los sistemas existentes dentro de cada estado organizaron un programa de entrenamiento práctico en el servicio. Este programa consultaba la contratación de un instructor ambulante. Este instructor ambulante visita cada sistema una vez por trimestre o más a menudo. Tiene una sesión de entrenamiento de un día de duración con las cuadrillas, tanto en recinto cerrado como en el terreno. Entre las visitas del instructor, el capataz o el superintendente de línea dictan clases de adiestramiento práctico de acuerdo con las normas del material

---

<sup>3/</sup> Op.cit., 161-4, julio 1957, "Pole Maintenance".

dejado por el instructor ambulante. Esto ha demostrado ser sumamente valioso y eficaz. Ha rebajado los costos, mejorando la eficiencia y la seguridad en el trabajo.

#### 7. Problemas de explotación

Los problemas de explotación que se han presentado en los sistemas eléctricos rurales han sido numerosos. Casos ilustrativos son la coordinación inductiva, la corrosión de los ganchos de fijación, sobrevoltajes primarios, interferencias de radio y televisión, vibración de conductores, balanceo de los conductores, reemplazo de transformadores, aisladores dañados, deterioro de postes por pájaros carpinteros, conexiones a tierra inadecuadas y corrosión atmosférica. Estos problemas individualmente considerados no serán tratados aquí, pero cada uno ha aportado una interesante y valiosa fuente de experiencia y conocimientos. Cada uno ha hecho su aporte al diseño, construcción y explotación en términos más económicos de los sistemas eléctricos rurales. Algunos de estos problemas pudieron haber sido previstos, pero constituyeron el resultado de un riesgo calculado o de la carencia de experiencia adecuada. Un ejemplo de esto es el empleo de conductores copperweld 9 1/2D y 3 N°12. La renta calculada para determinadas líneas no habría compensado una mayor inversión y estos conductores tenían la capacidad física y eléctrica requeridas. No obstante, oportunamente, debido a la velocidad constante del viento en determinados sectores, estos conductores han presentado un gravísimo problema de explotación desde el punto de vista de la vibración eólica. En la actualidad, los estudios en el laboratorio y en el terreno se están traduciendo en el perfeccionamiento de un amortiguador sencillo y de poco costo que puede ser utilizado tanto en líneas existentes como en líneas nuevas. He aquí un problema de explotación que se está transformando en un beneficio.

## IX. PLANEAMIENTO

La característica principal del desarrollo de los sistemas eléctricos rurales en los Estados Unidos ha sido el "planeamiento", desde el nacimiento del sistema eléctrico rural y el desarrollo de vastas operaciones de construcción en 1935. Se han construido instalaciones para un aumento de consumo. Ha habido algunas variaciones en el régimen y magnitud del aumento, pero en los primeros años un consumo-objetivo de 10 años para el futuro se hizo lugar común. Hoy día es común un planeamiento a largo plazo para un consumo cuatro a seis veces mayor que el actual.<sup>1/</sup>

### 1. Planeamiento de ingeniería de largo alcance

El ingeniero consultor de cada sistema elabora y somete a la consideración de la administración un plan de ingeniería de largo alcance para el sistema eléctrico rural.<sup>2/</sup> Si el plan es aprobado, se preocupará de mantenerlo al día. Este plan se basa en cuatro a seis veces el consumo del momento en que se hizo el estudio correspondiente. No detalla cada ampliación de línea. Proporciona la base para un sistema destinado a atender las cargas de diseño. Si existen dos o más métodos lógicos para hacer ésto, se exponen estas alternativas. Esto constituye un plan. Es un conjunto de objetivos por alcanzar. No es un diseño para construir. Es una base, sin embargo, para calcular probables requisitos financieros, suministro de energía, servidumbres de paso, emplazamientos de subestaciones y otros elementos importantes del futuro sistema eléctrico rural. Es el modelo por el cual se rigen todas las decisiones sobre construcción y financiamiento. A medida que las circunstancias cambian de año en año, se revisa y modifica el plan de ingeniería de largo alcance. Se mantiene constantemente al día como objetivo.

### 2. Pronósticos financieros de largo alcance

Los pronósticos financieros de largo alcance son aquéllos preparados por la administración del sistema para su propia orientación y para sus

---

<sup>1/</sup> Ver nota 2, VI. Diseño.

<sup>2/</sup> Ver nota 3, VI. Diseño.

actuaciones relacionadas con la adopción de decisiones.<sup>3/</sup> Generalmente se llega hasta por lo menos diez años en el futuro sobre una base anual detallada. Para las necesidades de construcción se utilizan los datos procedentes del plan de ingeniería de largo alcance.<sup>4/</sup> Para las necesidades de explotación y conservación se utilizan amplios estudios periódicos de las instalaciones eléctricas y físicas.<sup>5/</sup> Para el crecimiento futuro se utilizan los estudios sobre necesidades de energía y otras evaluaciones económicas de la zona de servicio.<sup>6/</sup> Los datos contenidos en el pronóstico financiero de largo alcance ayudan a la AER en sus estudios de practicabilidad para las solicitudes individuales de crédito. El pronóstico permite también a la administración del sistema conocer la medida en que se necesitan reservas y la medida en que sus fondos propios pueden ser reinvertidos en equipos.

### 3. Cálculo de la carga

El cálculo de los consumos para fines de la practicabilidad de los créditos es una responsabilidad inherente de la AER. Sin embargo, es también una responsabilidad inherente del sistema eléctrico rural conocer su propio consumo futuro de energía. Es así como el sistema debe analizar y elaborar cálculos por su propia cuenta.<sup>7/</sup> Por este medio está en condiciones de estar o no de acuerdo con el cálculo de la AER y de ajustar los datos de consumo necesarios dentro de su pronóstico financiero de largo alcance. Los factores utilizados para llegar a estos cálculos son aquéllos ya citados. Los sistemas eléctricos rurales pueden calcular, y muchos calculan, sus consumos con una anticipación de hasta 15, 20 o 25 años.

---

3/ REA Bulletin, 10-4, mayo 1960, "Financial Planning for Business Security".

4/ Ver nota 3/, VI. Diseño.

5/ Op.cit., 161-5R1, marzo 1954, "Review of Systems and Facilities of Electrification Borrowers as Related to System Operation and Maintenance".

6/ Op.cit., 120-1, agosto 1960, "Estimate of kWh Consumption and Power Requirements".

7/ Ver nota 6/.

#### 4. Planes de trabajo anual

El plan de trabajo anual es una determinación por parte de cada sistema individualmente considerado, sobre la base de una evaluación en el momento en que se traten los estudios sobre el consumo, instalaciones físicas y eléctricas y confiabilidad del servicio, de la construcción expuesta en el plan de ingeniería de largo alcance que debe ser completado durante el año siguiente o dos años siguientes.<sup>8/</sup> Es un plan detallado de construcción. Consulta todas las construcciones, por pequeñas o grandes que sean. Es la base para emitir órdenes de trabajo para la construcción que ejecutarán las propias cuadrillas del sistema o preparar los planos y especificaciones para la propuesta en relación con la construcción por contratistas. Es también la base para la destinación de fondos provenientes de reservas generales o para la petición de un nuevo crédito a la AER.

#### 5. Presupuesto anual

El presupuesto anual es la determinación por parte del sistema eléctrico rural de las necesidades de caja para todos los fines durante los siguientes doce meses.<sup>9/</sup> Se determina por el análisis previo y las decisiones que involucra el plan de trabajo anual.

---

8/ Ver nota 4/, VI. Diseño.

9/ Op.cit. 105-1, septiembre 1958, "Annual Budgeting for Electric Distribution Systems".



## RESUMEN

El sistema eléctrico rural es un sistema de distribución eléctrica, de 7 2/12 5 kv, que sirve a las zonas rurales generalmente a través de una organización cooperativa o sobre una base independiente autofinanciada. Se obtiene el capital mediante créditos a largo plazo otorgado por el Gobierno Federal, los cuales son amortizados a través de un período de 35 años, y de fondos generales procedentes de los ingresos con que se cuente en el momento de que se trate.

Se han mantenido los costos de construcción al nivel más bajo posible que sea compatible con la certeza de una construcción de la calidad requerida, mediante la eficaz cooperación de la administración del sistema, los ingenieros, los contratistas, los fabricantes y la Administración de Electrificación Rural (AER). Las normas de materiales, unidades de construcción, procedimientos, técnicas de ingeniería, inspección y planeamiento han sido parte integrante. La confección uniforme de listas de materiales, la construcción en gran escala la aplicación de técnicas de producción en masa a la construcción y la orientación de ingeniería procedente de la AER fueron aportes importantísimos para lograr resultados económicos y eficaces.

La explotación y conservación de líneas eléctricas dotadas de conductores muy resistentes, con apoyos en tramos largos, que sirven alrededor de tres consumidores por milla en vastas zonas rurales, constituye una importante consideración para la administración de sistemas. La circunstancia de que los consumidores dependen en forma total de estos sistemas eléctricos rurales en cuanto a la continuidad de un servicio eléctrico adecuado y confiable, recalcan el papel y la responsabilidad que caben a la administración de la explotación. El objetivo es contar con un servicio semejante al de las ciudades.

