

# La energía eléctrica, motor impulsor del desarrollo tecnológico

## Visión de futuro de la electricidad en Panamá

**Edilberto Hall Mitre**

Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá  
 edilberto.hall@utp.ac.pa

**Resumen:** *el objetivo de este artículo es el de presentar una visión general sobre el impacto que ha tenido la energía eléctrica en el desarrollo científico y tecnológico mundial. Se desarrolla una cronología de la revolución industrial, caracterizada por sus dos períodos denominados: la primera revolución industrial y la segunda revolución industrial o revolución capitalista, describiéndose los principales tipos de energía y su impacto en la evolución tecnológica. Además, se presentan: una breve reseña de la electrificación en Panamá y la importancia que esta tuvo durante la construcción y operación del Canal de Panamá; la evolución de la integración eléctrica nacional y su eventual privatización a finales del siglo XX; algunos datos actuales de la composición de la matriz energética, aunado a estimaciones realizadas por investigadores de la Universidad Tecnológica de Panamá sobre el potencial hídrico nacional para la generación de electricidad y un análisis de una visión de futuro de la electricidad para el país, la cual se compone de: el desarrollo de una cultura de ahorro y uso racional y eficiente de los recursos energéticos, la identificación de los recursos naturales estratégicos para la generación hidroeléctrica base, la conversión de la generación eléctrica cara por una que usa combustibles fósiles más baratos, y el fortalecimiento de la generación basada en recursos renovables.*

**Palabras claves:** *energía eléctrica, revolución tecnológica, electricidad en Panamá, matriz energética panameña.*

**Title:** *The Electrical Energy, Driver of the Technological Development. Vision of the Future of Electricity in Panama.*

**Abstract:** *the objective of this article is to present a general view on the impact of the electricity on the scientific and technological development of the world. A chronological development of the industrial revolution is presented, which is characterized by its two periods, namely: the first industrial revolution and the second industrial revolution or capitalist revolution, describing the main types of energy and their impact its impact in the technological evolution. In addition, a short review on electrification in Panama is presented, its importance during the construction and operation of the Panama Canal; the evolution of the national electrical integration and its eventual privatization by the end of XX Century; some actual data of the energy matrix composition is illustrated, together with estimations of the national hydroelectric*

*potential provided by scientists of Universidad Tecnológica de Panamá and an analysis of a vision of the future of electricity in the country; namely: the development of a culture of saving and rational and efficient use of our energy resources, the identification of the natural strategic resources to generate base hydroelectric power, conversion of costly electrical power plants to the use of cheaper fossil fuel, as well as the improvement in electrical generation based on renewable resources.*

**Key words:** *electrical energy, technological revolution, electricity in Panama, Panamanian energy matrix.*

### Introducción

Quizás hoy pocos recordarán acerca de las razones que motivaron la, así llamada, Revolución Industrial en los siglos XVIII y XIX, aunque aún nos quedan en los recuerdos de nuestros años de escuela, el proceso de transformación de las sociedades agrarias en sociedades industrializadas, de la desintegración del feudalismo y el triunfo del capitalismo. Esta revolución o fases de transformación industrial, fue un proceso de transición económico-social fundamentado principalmente en el uso del conocimiento científico aplicado a la práctica, tecnología. Las invenciones dieron lugar al desarrollo de la ciencia cuantitativa y experimental; el descubrimiento y aplicación de nuevas formas de energía, motor de todas estas aplicaciones; el descubrimiento y uso de nuevos materiales; el desarrollo de obras y mega-estructuras; el estudio científico del trabajo; entre otros. Dentro de toda esta riqueza histórica, el uso de la energía eléctrica ha jugado un papel trascendental y acelerador de todos los procesos de desarrollo, crecimiento económico, desarrollo de la calidad y el confort de vida de los residentes de este planeta, Tierra. Diversos aspectos de la energía eléctrica son el motivo de esta reseña: sus inicios, su papel en la Revolución Industrial, el impacto que ha tenido en la sociedad panameña, y lo que consideramos debe ser el futuro de su producción y aplicaciones en la República de Panamá.

### La primera revolución industrial

El estudio de la citada revolución industrial se divide en dos etapas o periodos bien diferenciados. La primera etapa, tiene sus inicios en Inglaterra, en la década de 1690, siendo este un movimiento que removió los cimientos de la sociedad feudal, caracterizada por la producción agraria rudimentaria y de economía de subsistencia; la misma es una revolución antifeudal en Francia y en otros países europeos y de Asia. Producto de este proceso aparece un nuevo orden económico, el capitalismo, lo que promueve la rápida caída y desintegración del régimen actual, pero que crea dos clases: la burguesía industrial y el proletariado (el capitalista y el obrero). Este proceso estuvo marcado por innovaciones tecnológicas en las que el carbón, el vapor y la fuerza del agua fueron las fuentes de energía básicas, se da primordialmente en Inglaterra, y se caracteriza por aspectos tecnológicos, socio-económicos y culturales.

Los aspectos tecnológicos fueron dominados por la invención y uso de: la maquinaria de vapor en los sistemas ferroviarios, los vapores navales, y las primeras industrias de producción masiva; el telégrafo que permitió los inicios de las comunicaciones, y otras innovaciones

relativas a estos sistemas. En este período, la Ingeniería Mecánica fue de gran importancia, se usan nuevos materiales tales como el hierro y acero para la construcción de máquinas; el carbón de piedra es la fuente energética primaria para la producción de vapor, y la energía hidráulica para impulsión de maquinaria industrial. En cuanto a los aspectos socio-económicos, el proceso se caracteriza por la concentración del capital, los derechos ciudadanos y laborales, la concentración de grandes masas en centros urbanos y el sistema de patentes para protección de las



invenciones, así como la creación de mayores ingresos y riqueza. Por otro lado, los aspectos culturales fueron una consecuencia de la concentración de grupos étnicos y poblaciones multiculturales que buscaban trabajo y mejores condiciones de vida. La gente migró desde los campos, abandonando la agricultura rudimental, hacia las ciudades trayendo consigo sus costumbres, principios y tradiciones.

### La segunda revolución industrial

La segunda etapa, denominada por muchos como la segunda revolución industrial o era del capitalismo, tiene sus inicios en la década de 1850, debido al notable surgimiento de nuevos tipos de industria mucho más tecnificadas, tales como la eléctrica, química y automovilística. En este periodo se desarrolla un proceso de industrialización en varias naciones del planeta. Aparecen innovaciones tecnológicas sin precedentes, se desarrolla la investigación científica



como base de las innovaciones en nuevos campos de la ciencia, se dan nuevas transformaciones sociales, predomina el capital en las relaciones económicas y la hegemonía de los países industrializados sobre las naciones pobres. Surgen nuevas formas de energía, entre ellas, el petróleo y sus derivados y la electricidad; aunque el carbón aún mantiene su

posición entre las energías primarias usadas, incluso hoy día, para generación de electricidad y vapor industrial.

El petróleo y sus derivados, aunque ya conocidos desde la antigüedad, emergen al mismo tiempo que la electricidad y su aplicación para propósitos industriales. La nueva industria química hace posible el desarrollo de múltiples productos y materiales a partir del petróleo, así como su utilización en nuevas innovaciones tecnológicas en el área de la transportación terrestre y aérea, con el motor de combustión interna reemplazando en corto tiempo la máquina de vapor. Se crea el automóvil y el aeroplano los que acortan las distancias entre naciones y continentes convirtiéndonos en una aldea de países y naciones. Todo este proceso requirió la utilización de nuevos materiales, especialmente, metales que hicieron posible todo el



desarrollo tecnológico y mejoraron la eficiencia de las nuevas máquinas, equipos y dispositivos. La Ingeniería Metalúrgica juega un rol indispensable en este proceso de desarrollo industrial. Se considera el fin de este periodo, en Europa, el inicio de la primera guerra mundial, y más tarde en otras naciones desarrolladas no

### La energía eléctrica motor impulsor del desarrollo tecnológico

La electricidad tiene un sinnúmero de aplicaciones en todos los ámbitos de la vida: industrial, comercial, las comunicaciones, las sociedades, los usos residenciales, etc. Con la electricidad surge el teléfono, la radio, los sistemas de refrigeración mecánica, que permiten el progreso y vida en áreas del mundo inhóspitas; la iluminación urbana y residencial, la ampliación de las jornadas de trabajo a las 24 horas del día y con ello, el incremento de la producción industrial y comercial; los medios de comunicación urbanos tales como trenes y autobuses eléctricos; las telecomunicaciones; y los procesos industriales, como la electrólisis, base para la extracción de metales como el aluminio, a partir de la Bauxita, entre muchas otras aplicaciones. Es prácticamente imposible cuantificar en dinero las proporciones del impacto que este tipo de energía aporta al desarrollo científico y tecnológico en este periodo, y particularmente porque está ligada con el uso del petróleo y sus derivados.



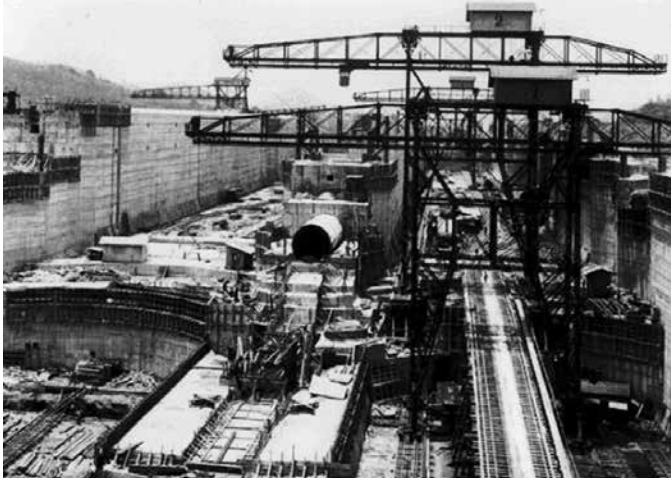
La industria eléctrica se puede analizar en dos partes componentes. Primero: la generación y transporte, distribución a los centros de consumo y, la utilización y comercialización de la electricidad. Segundo: la producción y desarrollo de equipos, dispositivos y máquinas eléctricas. Estas son la base para el surgimiento de nuevas formas de producción industrial. Sin embargo, nada de esto

ha sido posible sin la simbiosis entre las diferentes áreas del conocimiento científico tales como: la ingeniería civil (obras, estructuras, suelos, cemento, etc.), la ingeniería mecánica (máquinas, motores, equipos industriales y dispositivos, etc.), la ingeniería hidráulica (uso del agua como fuente energética), la ingeniería metalúrgica (uso de metales como hierro, acero, cobre, aluminio, etc.), la ingeniería química (procesos industriales, uso del petróleo y sus derivados, etc.), la ingeniería industrial (estudio del trabajo, procesos de producción, etc.), y otras áreas que promovieron la investigación científica como base del desarrollo tecnológico.

### Electrificación en Panamá

A principios del siglo XX en Panamá, en los inicios de la construcción del Canal Interoceánico se edificó una planta de generación eléctrica en

las riveras del pacífico, en Miraflores, compuesta de tres unidades de 1500 kVA, 2200 Volt, 25 Hertz, turbogeneradores Curtis que operaban a 1500 rpm impulsadas con vapor producido con calderas de carbón, para suplir de electricidad a las diferentes plantas de construcción que en el caso de las esclusas de Gatún requerirían de unos 2,000,000 de yardas cúbicas de concreto, lo que en su momento representaría la mayor masa de concreto construida en tiempos modernos. Se decidió el uso de un sistema de transmisión de 44 kV el cual aún cumple con las necesidades de transmisión de electricidad al día de hoy, incluso luego de concluida la expansión del canal en los próximos años, dados los niveles de carga y las distancias relativamente cortas, unos 50 kilómetros. La generación de electricidad se diseñó para 25 ciclos por segundo (Hertz), con el objetivo de reducir las pérdidas magnéticas (calentamiento de las laminaciones de los cuales se construían los núcleos de acero del momento). Esta planta serviría de respaldo de las dos plantas hidroeléctricas que se cimentarían más tarde en Gatún (planta de 6,000 kW, tres unidades trifásicas a 25 Hertz y 2200 volts) y en Miraflores (un duplicado de la planta de Gatún) durante la estación seca, ya que en ese momento aún no se conocía con precisión los requerimientos y comportamiento del agua en la región.



Todo este desarrollo permitió la operación eficiente y segura de la vía, el sistema de trenes de carga y pasajeros, y cubrir todas las necesidades de energía de los sistemas administrativos, centros urbanos y residenciales, convirtiendo el Canal de Panamá en una de las siete maravillas modernas de las construcciones humanas del mundo.

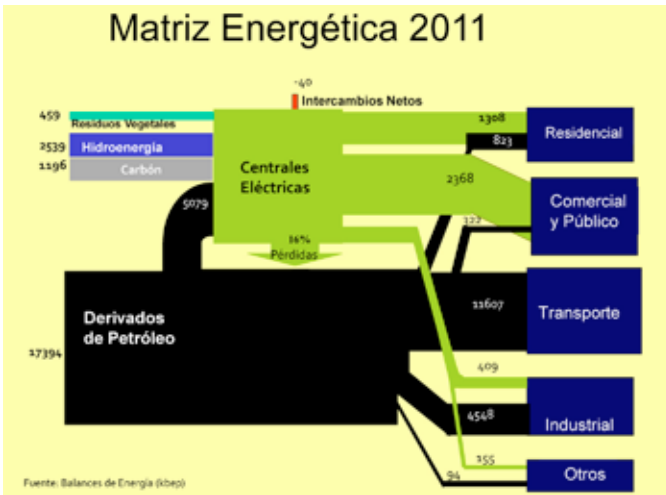
Décadas más tarde, se crea el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE) en 1961 como empresa estatal autónoma, para coordinar y expandir las instalaciones de energía eléctrica necesarias y para proveer el suministro de energía adecuado y confiable del país. Se incorporan empresas privadas, mucho antes establecidas en las regiones del país, como la Fuerza y Luz, la Empresa Eléctrica de Chiriquí, Santiago Eléctrica y la Empresa Eléctrica La Chorrera, logrando la integración eléctrica total en el país. Luego, a inicios de la década del 70, se inicia el proceso de expansión de generación con los proyectos de Bayano (150 MW), La Estrella y Los Valles

(90 MW) y Fortuna (300 MW). Se requirió la construcción de más de 850 km de líneas de transmisión a 110 y 230 kV y más de 6,600 km de líneas de distribución para prestar el servicio eléctrico a más de 300,000 usuarios. Para finales de siglo, en 1998, el gobierno nacional del momento hace efectiva la privatización de los activos del IRHE dividiéndola en siete empresas (tres de generación, tres de distribución y una de transmisión).



Actualmente, según datos de la Secretaría Nacional de Energía (SNE), para finales de 2011 los resultados de los sectores eléctrico y energía son los siguientes: la capacidad eléctrica instalada total es de 2,391.4 MW, de los cuales 1,040.1 es térmico (42.66%) y 1,351.3 es de origen hidroeléctrico (56.5%); mientras que la generación bruta total de electricidad fue de 7,798.6 GWh. De estos, 4,098.2 GWh (52.55%) es de origen hidroeléctrico, 2,344.7 GWh (30.07%) bunker, 903.7 GWh (11.59%) diesel, y 452.0 GWh (5.8%) carbón. Esto quiere decir que poco menos de la mitad de la generación eléctrica del país es de origen termoeléctrico, utilizando derivados del petróleo importado. En el mismo periodo, el país importó unos 72,203.9 MWh y exportó solo 8,134.4 MWh de energía al mercado de Centroamérica. La tasa promedio de crecimiento de la demanda alcanzó el 5.2% al 2011, mientras que la demanda máxima histórica es de 1,386.27 MW y se registró el 19 de junio de 2012.

La intensidad energética (IE), la cual representa el consumo final de energía por unidad de PIB expresado en barriles equivalentes de petróleo (bep), fue de 1.068, con tendencia a la baja, lo que refleja el incremento de la actividad económica del sector bancario y de las telecomunicaciones las que utilizan poca energía eléctrica para producir cada Balboa. Un análisis de la matriz energética del último año nos indica que el uso del petróleo y sus derivados, fue de 17,394 kbe (miles de barriles equivalentes de petróleo de 1996), de los cuales 11,607 kbe (66.73%) es para uso del transporte; 5,079 kbe (29.2%) es la componente para la generación de electricidad; y 4,548 kbe (26.15%) es para usos industriales; entre otros usos menores. Las pérdidas energéticas promedio del sistema eléctrico se estimaron en 16%. Alrededor del 65% del consumo de electricidad en el país es para usos de refrigeración y acondicionamiento de espacios.



### Visión de futuro de la electricidad en Panamá

El país ha mantenido un crecimiento sostenido en los últimos años, siendo una de las economías de la región de mayor crecimiento económico, a pesar de la crisis financiera internacional y los altos costos del petróleo y sus derivados. De los datos de la matriz energética se puede analizar que el país debe reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles de mayor costo tales como: el bunker (HFO: Heavy Fuel Oil) utilizado para la generación eléctrica, el diesel liviano (LFO: Light Fuel Oil) para generación eléctrica y transporte, y la gasolina. Existe una buena oportunidad de aminorar los consumos eléctricos implementando las leyes, reglamentos y verificaciones técnicas que sean necesarias para lograr mayor eficiencia y ahorro energético en todos los sectores del consumo eléctrico. Debe diversificarse la matriz de generación eléctrica, suplantando las actuales tecnologías de generación eléctrica que usan petróleo por otras que emplean carbón y gas natural, y fortaleciendo la generación basada en recursos renovables, como la eólica y solar.

El ahorro energético deberá ser parte de nuestra cultura de consumo, ya que existe una tremenda oportunidad de reducir nuestra facturación eléctrica haciendo uso racional y eficiente de la electricidad. El ahorro energético es una práctica que se basa en tres conceptos fundamentales del consumo energético. El primero, consumir con calidad:



por bajo factor de potencia y alta demanda; reduciendo desbalances de carga y sobrecargas en las edificaciones; reemplazando aislamientos térmicos deficientes; reduciendo las fugas de aire acondicionado; así como, seleccionando apropiadamente las capacidades de los equipos electromecánicos. El segundo es, consumir con eficiencia: reemplazando los equipos de vieja data por otros de alta eficiencia

comprobada; implementando sistemas de control de iluminación automáticos; sumado al diseño y construcción de instalaciones eléctricas y edificaciones con materiales apropiados; además de, dimensionar el consumo energético de las edificaciones según estándares internacionales, entre otras técnicas. Las personas que visitan nuestra ciudad capital se sorprenden de las bajas temperaturas en los edificios y del derroche de energía, que se hace evidente con solo observar a la gente usando abrigos. El tercer concepto básico del ahorro energético es, consumir con conocimiento: realizando diagnósticos energéticos que suministren información significativa sobre el estado actual de las redes eléctricas; entrenando al personal sobre las técnicas de ahorro energético; educando a nuestros niños en las escuelas sobre la importancia y las prácticas de ahorro energético en el hogar, las escuelas, y en todas partes. Serán nuestros hijos los que verdaderamente apliquen la cultura del ahorro energético como parte integral de sus relaciones cotidianas. Será necesario implementar una normativa de "revisado de eficiencia energética" a las edificaciones, anualmente, similar al revisado de los vehículos a motor; esto nos ayudaría a evitar conatos de incendios producto de circuitos eléctricos sobrecargados, y malas prácticas de instalación y protecciones; ayudaría a los empresarios y administradores de edificios a implementar técnicas y sistemas de ahorro energético que mejoren los costos operativos de los negocios e inmuebles.

El Estado panameño deberá definir una política de estado sobre los recursos naturales estratégicos para lograr la generación eléctrica base para el suministro confiable y barato de electricidad para el 2050, y no permitir que sean los inversionistas privados quienes decidan nuestras prioridades en cuanto a suministro y capacidad eléctrica, actitud esta que ha puesto en disputa a los inversionistas con nuestros conciudadanos. Hay que garantizar los espacios en áreas protegidas y áreas comarcales, en los que se encuentran los recursos hídricos estratégicos, para desarrollar los proyectos de generación eléctrica. Se deben lograr las mediaciones entre las comunidades y el estado que nos permitan alcanzar los acuerdos necesarios que beneficien a las comunidades y al país en su conjunto, armonizando el progreso de las comunidades, el medio ambiente y el avance del país. Debemos estar claros que todos somos panameños con iguales deberes, derechos y privilegios, y que el bien común prevalece sobre los intereses de las etnias, grupos e individuos. Por otro lado, los ambientalistas de este país deben jugar un papel protagónico aportando proactivamente un plan maestro de sitios para plantas eléctricas de diferentes tecnologías (hídricas, térmicas, eólicas y solares, o de cualquier otra naturaleza) que sean coherentes y ambientalmente sustentables, en lugar de adoptar la posición usual de ser críticos y detractores de toda nueva iniciativa de proyecto de generación eléctrica. El estado deberá ofertar a los inversionistas locales e internacionales los proyectos estratégicos de generación eléctrica para desarrollar su matriz energética, quienes deberán tener la capacidad financiera y experiencia necesaria; además, deberá suministrar los estudios que exigen las normas de la ASEP (ejemplo: estudios eléctricos, estudios de impacto ambiental, socio-económicos, y de pre-factibilidad), y todas las licencias y permisos locales y nacionales, con la finalidad que los inversionistas inicien los proyectos tan pronto sean licitados, garantizando de antemano,

su éxito y finalización según los planes de construcción. Se deberán evaluar más científicamente otras iniciativas de proyectos menores de generación eléctrica, que no forman parte de los recursos estratégicos de la nación, para evitar que se realicen proyectos eléctricos en las inmediaciones de poblados, y que existan múltiples proyectos hidroeléctricos sobre ríos de bajo caudal promedio anual.



Panamá es un país rico en recursos hídricos, según estimaciones de estudios realizados por investigadores y especialistas de la Universidad Tecnológica de Panamá, el país cuenta con una capacidad hidráulica para generación de energía eléctrica de unos 15 GW (miles de millones de Watts); mientras que la capacidad hidroeléctrica instalada para generación eléctrica, a la fecha, es de tan solo 1.4 GW. Nuestro sentido común nos indica que, dado el potencial hidroeléctrico disponible de más de 10 veces la capacidad instalada actual, el futuro de la generación eléctrica del país está en cubrir en exceso la demanda total de energía eléctrica con medios hidroeléctricos; utilizar recursos de origen fósil de importación de bajo costo tales como el gas natural y el carbón, que complementen la generación eléctrica en períodos de baja capacidad hidráulica, tal que se pueda exportar los excedentes térmicos al mercado centroamericano, y así aprovechamos de proyectos tales como el de interconexión eléctrica con Centroamérica (SIEPAC), el cual cuenta con disponibilidad de transporte de 300 MW. Panamá debe establecer como objetivo estratégico de estado disfrutar de la energía eléctrica más barata, confiable y abundante de la región, lo que nos brinda las siguientes ventajas competitivas: ayudaría al fortalecimiento de las inversiones y costos de producción de las empresas locales e inversionistas extranjeros en el país; atraería a mayor número de empresas multinacionales cuyas políticas del uso “verde”, confiabilidad y economía de la energía eléctrica les permita establecerse en nuestro país; la operación económica del Metro, una vez concluida esta primera línea debe iniciarse la construcción de la siguiente; desarrollar líneas urbanas de buses eléctricos; implementar trenes eléctricos ligeros para comunicar las regiones de Arraiján y Panamá Oeste; incorporar el transporte ferroviario eléctrico a la matriz del transporte de carga para el Occidente (provincias centrales y Chiriquí) y el Oriente (Panamá Este y Darién) del país, lo que reduciría los costos de movimiento de carga y el uso de los combustibles del transporte urbano y de carga, bajando el precio de la transportación masiva de pasajeros y de los productos de la canasta básica. Una

línea férrea hacia oriente demanda la construcción de nuevas líneas de transmisión eléctrica hacia el Darién, lo que promueve el urbanismo, la mejor calidad de vida, salubridad, educación, y explotar todo el potencial de riqueza natural y turística de esa región. El impacto que estos proyectos traerían a nuestro país sería inmenso, y específicamente, tendríamos fácil acceso a todas las regiones de nuestro suelo patrio, aún no conocidas por muchos.



Nuestra visión de país, compartida por otros colegas y amigos, es que Panamá tiene todo el potencial de recursos hídricos, sol y viento abundantes para convertirnos para el año 2050 en un país “todo eléctrico”, lo que nos mantendría en la cresta de la ola del desarrollo humano, crecimiento económico y modelo a seguir. Debemos cimentar una conciencia nacional del ahorro y uso racional y eficiente de los recursos energéticos, respetando y logrando el balance conveniente entre el medio ambiente y el desarrollo sostenido que todos anhelamos para el beneficio de nuestros hijos. Llevar energía eléctrica a los lugares más apartados de la nación significa desarrollar en todos los sentidos a nuestras comunidades, y explotar plenamente nuestro potencial natural para el bienestar económico.

El Presidente de los Estados Unidos de América, Jimmy Carter, señaló que “la siguiente guerra mundial será debido al agua”; palabras sabias de un estadista de gran visión. Nuestro país ha sido bendecido ya que contamos con abundancia de agua y otros recursos naturales que aún no han sido explotados, a pesar de la existencia de las tecnologías apropiadas para tal fin. Nuestro futuro como nación se ve brillante con la utilización más eficiente de nuestra principal riqueza natural, el agua, y de la electricidad como energía motor impulsor del progreso de nuestro país.

### Referencias

- [1] *Estadísticas del Sector Energía (2012)*. Sitio web de la Secretaría Nacional de Energía [En línea]. Disponible en: <http://www.energia.gob.pa/EstadisticaEnergetica.html>
- [2] E. Schildhauer, *Electricity in the Construction and Operation of the Panama Canal*, General Electric Review, Supplement to vol. XVIII, no. 7, July 1915.
- [3] M. Moreno, *Modernización del sector eléctrico en Panamá*, www.monografias.com
- [4] G. González, R. Barazarte, “Estudios de Alternativas Energéticas Sostenibles para Panamá”, Programa de Tecnologías Energéticas Avanzadas y Sostenibilidad, FIE, Universidad Tecnológica de Panamá, SNE-BID, 2002.