

REVISTA ENERGETICA ENERGY MAGAZINE



ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA LATIN AMERICAN ENERGY ORGANIZATION

SITUACION ENERGETICA DE AMERICA LATINA – 1985 THE 1985 LATIN/AMERICAN ENERGY SITUATION

OLADE

UNA ESTRATEGIA ENERGETICA GLOBAL ORIENTADA A USOS FINALES

AN END-USE-ORIENTED GLOBAL ENERGY STRATEGY

*José Goldemberg, Thomas B. Johansson,
Amulya K. N. Reddy, Robert H. Williams*

POLITICA REGIONAL PARA EL USO RACIONAL DE ENERGIA REGIONAL POLICY FOR RATIONAL USE OF ENERGY

Marcio Nunes

USO RACIONAL DE LA ENERGIA EN CUBA RATIONAL USE OF ENERGY IN CUBA

Milagros Montesino Pérez

USO RACIONAL DE ENERGIA EN CHILE RATIONAL USE OF ENERGY IN CHILE

Marcia Zeladim

AÑO 9 No. 3 DICIEMBRE 1985

YEAR 9 No. 3 DECEMBER 1985

UNA ESTRATEGIA ENERGETICA GLOBAL ORIENTADA A USOS FINALES*

José Goldemberg¹⁾, Thomas B. Johansson²⁾
Amulya K. N. Reddy³⁾, Robert H. Williams⁴⁾

LA DEMANDA DE SERVICIOS ENERGETICOS

Dos de las aplicaciones más útiles del enfoque del "uso final" han servido para comprender hasta qué grado la planificación energética está siendo, y podría ser, un apoyo efectivo a las metas de desarrollo de los países subdesarrollados, y para comprender los cambios permanentes que experimentan los países industriales, los cuales se alejan cada vez más de las actividades intensivas en energía.

Energía y Desarrollo

ENERGIA PARA LA SATISFACCION DE NECESIDADES HUMANAS BASICAS En los años cincuenta, cuando se estaban articulando las estrategias de desarrollo por primera vez, el sentimiento general fue que la maximización del crecimiento económico era la mejor manera de eliminar la pobreza, pero la experiencia ha demostrado que los beneficios del crecimiento económico acelerado no llegaron hasta los pobres.

El crecimiento acelerado es necesario para el éxito del desarrollo, pero no es suficiente. Una manera más efectiva de enfrentar la pobreza se logra a través de la asignación directa de recursos a la satisfacción de las necesidades humanas básicas, con énfasis en las necesidades de los más indigentes - asegurando así el cumplimiento de niveles mínimos de nutrición, vivienda, ropa, salud y educación (8). No existe ninguna evidencia empírica de que el objetivo

* Segunda de una serie de tres entregas.

1) Presidente, Compañía Energética de Sao Paulo, Brasil.

2) Universidad de Lund, Suecia.

3) Universidad de Bangalore, India.

4) Universidad de Princeton, EE. UU.

de satisfacer las necesidades humanas básicas conduzca a un crecimiento económico más lento (9) y sí existen fundamentos teóricos para creer que una política de necesidades humanas básicas conduciría a un mayor crecimiento debido al consecuente aumento en la productividad de los trabajadores (10). La asignación de energía suficiente para los programas de necesidades básicas es de crucial importancia en la planificación energética.

ENERGIA Y GENERACION DE EMPLEOS La generación de empleos es un reto del desarrollo estrechamente relacionado con la erradicación de la pobreza. Ya que las tecnologías utilizadas hoy en día para la industrialización de los países en desarrollo son mucho más económicas en mano de obra que las utilizadas en la etapa similar del desarrollo de las economías ya industrializadas, el reto es intimidador. Si bien no hay cómo regresar a las tecnologías industriales del ayer, es deseable seguir aquellas estrategias de desarrollo que tenderían a generar empleo, ya que éste ha adquirido el estatus de una necesidad humana básica. La energía es un factor clave en el tratamiento de este problema, puesto que la energía y la mano de obra tienden a ser insumos sustitutivos en la actividad industrial (43).

La importancia de la generación de empleo tiene grandes implicaciones para la composición industrial y para la elección de tecnologías para una determinada composición- siendo las dos configuradas, a menudo, por las políticas públicas. En los países donde la mano de obra es barata, el costo total de la producción frecuentemente podría ser menor si fueran enfatizadas las tecnologías y las industrias intensivas en mano de obra. Sin embargo, con frecuencia los planificadores son llevados a usar subsidios para atraer a industrias intensivas en energía y de gran escala, las cuales proporcionan poco empleo directo e indirecto.

ENERGIA NO-COMERCIAL Si bien existe pobreza en los suburbios urbanos, la mayor parte de los pobres vive en zonas rurales, y una fracción importante de ellos vive fuera de la economía del mercado. La importancia de la pobreza rural refleja una distribución poblacional entre las zonas rurales y urbanas muy distinta a la de los países industrializados. En estos últimos, sólo el 30% de la población vive en zonas rurales, mientras que en los países en desarrollo es el 70% (2).

En las zonas rurales la gente es mayormente dependiente de la biomasa para su energía - principalmente de la leña, utilizada básicamente en la coc-

ción. Pero en algunas partes del mundo en desarrollo, la demanda de leña está excediendo la tasa de su regeneración. La recolección de leña implica muchas horas de faenas duras todos los días, particularmente para mujeres y niños. Los efectos ecológicos de la deforestación creados por el uso excesivo de la leña están agravando esta pesada labor humana.

El vasto alcance de la pobreza rural, la debilidad de las fuerzas del mercado para hacerle frente y la importancia central de la cocción y su relación con la crisis de la leña, son factores que deben figurar en un lugar prominente en los esfuerzos de planificación energética.

ENERGIA CENTRALIZADA Y DESCENTRALIZADA La inadecuada atención a los problemas de las zonas rurales está provocando la migración de los pobres hacia los suburbios urbanos, que ofrecen acceso a algunos de los servicios de los que carecen en sus lugares de origen. La población urbana de los países en desarrollo está creciendo a un ritmo que es más del doble del de la población en su conjunto (2). Además, la tendencia hacia la urbanización se está haciendo cada vez más difícil de manejar, toda vez que las ciudades contaminadas y altamente pobladas no puedan ofrecer suficiente empleo para responder al número de gente que busca trabajo. La migración a las ciudades podría desacelerarse y, por ende, las ciudades podrían tornarse más "vivibles" si las condiciones de vida fuesen mejoradas en las zonas rurales. En particular, se necesitan industrias intensivas en mano de obra y basadas en los recursos rurales.

El suministro de la energía requerida para tales industrias implica enfatizar una planificación energética en la cual la producción centralizada de energía —que es fundamental en la satisfacción de las necesidades urbanas de energía— se complementa con la producción descentralizada de energía en las zonas rurales, donde es a menudo antieconómico e impráctico proporcionar servicios energéticos por medio de las fuentes centralizadas. Para estos efectos, la biomasa utilizada de manera renovable es una materia prima prometedora para la provisión de energéticos sólidos, gaseosos o líquidos o para la generación de electricidad en operaciones de pequeña escala, en muchas zonas rurales.

Sería altamente fortuito si de la planificación energética convencional resultaran aportes significativos para el cumplimiento de las metas de desarrollo; esta involucra, principalmente, un desafío para la ingeniería: la expansión de los suministros energéticos convencionales y centralizados, en el grado sugerido por las correlaciones energía/PIB. Igual que el enfoque del "goteo gra-

dual" del desarrollo económico no ha logrado mejorar la suerte de los pobres, tememos que un enfoque de "goteo gradual" para el desarrollo energético probablemente tienda a ampliar los servicios energéticos disponibles para los ricos, dejando a los pobres en una situación igual, o un poco mejor.

Para apoyar los esfuerzos del desarrollo, la planificación energética de los países en desarrollo debe enfatizar el suministro de energía para la satisfacción de las necesidades humanas básicas: generación de empleos, cocción y los problemas generales de las zonas rurales, buscando un equilibrio apropiado entre las fuentes energéticas centralizadas y las descentralizadas.

Cambios Estructurales en los Países Industrializados

Los cambiantes patrones de demanda por parte de los consumidores están reflejados en la creciente importancia de la producción de servicios a expensas de la producción de bienes y, dentro de los sectores productores de bienes, en la creciente importancia de la fabricación y los acabados. Estos dos cambios implican una menor demanda de energía por dólar de valor agregado.

LA CRECIENTE IMPORTANCIA DE LOS SERVICIOS El desplazamiento hacia los servicios (por ej., finanzas, seguros, educación, comunicaciones, así como comercialización, informática, servicios médicos y recreacionales) en los países industrializados lleva décadas, como se puede apreciar en las tendencias del empleo a largo plazo en Suecia y EE.UU. (ver la Figura 3). En los primeros años de industrialización, aumentó la participación del empleo en la fabricación y los servicios, a expensas del empleo en la agricultura. Más recientemente, los servicios han aumentado, además, a expensas de la manufactura, minería y construcción (ver la Figura 3).

El desplazamiento hacia los servicios está reflejado también en el crecimiento más lento de la producción de bienes. La producción del sector productor de bienes (medida por el producto bruto originado (PBO) o valor agregado) creció 0,83 ó 0,60 veces con relación al PIB de EE.UU. y Suecia, respectivamente, durante el período 1970-80.

LA CRECIENTE IMPORTANCIA DE FABRICACION Y ACABADOS Dentro del sector productor de bienes, hay un desplazamiento permanente desde los procesos para los materiales básicos, intensivos en energía, hacia las actividades de fabricación y acabado - procesos que involucran insumos

energéticos mucho menores por dólar de valor agregado (ver la Figura 4).

Consideren la situación de los EE.UU., que tiene una economía básicamente cerrada, de manera que el consumo de bienes y servicios es aproximadamente igual a la producción de la mayor parte de los sectores. El sector industrial aquí puede ser desagregado en minería, agricultura y construcción (MAC), el subsector de procesamiento de materiales básicos (PMB) y el subsector de manufacturas "varias". En 1978 estos tres subsectores representaban un 25%, 25% y 50% de la producción industrial y 15 %, 73 % y 11% del uso final de energía en la industria, y requerían 3, 14 y 1 unidades de energía por dólar de producción, respectivamente. De manera similar, en Suecia estos sectores representaban un 35%, 37% y 28% de la producción industrial; 10%, 82% y 8% del uso final de energía en la industria; y 1, 7.5 y 1 unidades de energía por dólar de producción, respectivamente. Por ello, aunque las manufacturas "varias", que incluyen la fabricación y acabado de materiales básicos, son económicamente muy importantes en los dos países, el subsector PMB predomina en el uso de la energía.

Entre estos sectores han sido pronunciados los desplazamientos de la producción, hacia actividades menos intensivas en materiales (ver la Figura 5). En los 70, la tasa de crecimiento de la producción industrial (PGO) para las actividades de fabricación y acabados en EE.UU. fue, en promedio, 4.3%, en comparación con el 3.0% por año del subsector PMB y el 1.2% anual del MAC. De manera similar, en Suecia existe una fuerte evidencia de la decreciente importancia de los materiales básicos como contribuyentes al crecimiento económico (44): las actividades de fabricación y acabados aumentaron en este mismo período a una tasa media anual de 2.0%, en comparación con la de 1.1% para la industria en su conjunto, 1.2% para el sector de los metales primarios y una tasa negativa de 1.4% para la industria del cemento.

Existen fuertes indicios de que el desplazamiento hacia la fabricación y los acabados se asocia con la saturación del uso de materiales (por ej., un estancamiento del consumo per cápita), tal como se indica en el análisis reciente de las perspectivas históricas y futuras, a largo plazo, para un muestreo representativo de los materiales básicos en EE.UU. y algunas otras economías industrializadas de mercado (ver la Figura 6) (45). Tanto para los materiales tradicionales (acero, cemento y papel), como para los modernos (aluminio, etileno, amoníaco y cloro), el consumo per cápita se estancó en la década del 70 en los EE.UU. y, en muchos casos, comenzó a declinar.

Se han encontrado tendencias similares para el acero, cemento y aluminio en Francia, Alemania Occidental y Gran Bretaña (46). Las tendencias parecen deberse a una combinación de factores, incluyendo el uso más eficiente de dichos materiales, la sustitución de materiales y la saturación del mercado. En todos los casos, las perspectivas para el crecimiento del volumen de consumo parecían pobres, principalmente por la saturación del mercado. Sólo los mercados para productos de un alto valor agregado y muy especializados parecen prometedores. En la actualidad no está claro si tal crecimiento será adecuado para compensar las permanentes bajas del mercado para los productos de alto volumen (a granel), pero es fuerte la evidencia de que existirá, por lo menos, una saturación.

Los desplazamientos hacia el subsector de fabricación y acabados, que normalmente requiere de una cantidad de energía menor por unidad de producción que el procesamiento de los materiales básicos, puede tener un profundo efecto sobre la utilización de energía en la industria. En los EE.UU., tales desplazamientos explicaron un decrecimiento anual de 1,6% por dólar de PNB durante 1973-84, de una tasa total de decrecimiento del sector industrial de 3,6% en el mismo período (46).

Las tendencias hacia una menor intensidad de materiales (y normalmente, por ende, hacia una menor intensidad de energía) en las economías de los países altamente industrializados, comenzaron antes del inicio de las crisis energéticas de los 70. No sólo se puede esperar que estas tendencias continúen, sino que incluso se aceleren, en respuesta a los marcados aumentos producidos en los precios de la energía. Esta reacción se puede complementar con un mayor empleo de tecnologías que usen más eficientemente los suministros energéticos para el abastecimiento de servicios energéticos.

OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD ENERGETICA

Existen oportunidades para mejorar sustancialmente la productividad energética de las principales actividades intensivas en energía: calefacción, iluminación, cocción y electrodomésticos; transporte aéreo y terrestre (autos y camiones) y producción de materiales básicos. Los aumentos del precio de la energía en los 70 han conducido a la comercialización de tecnologías consumidoras de energía mucho más eficientes que las actualmente utilizadas y a grandes esfuerzos de investigación y desarrollo que conducirían, a su vez a

tecnologías aún más eficientes en los años por venir. A continuación se dan ejemplos de las posibilidades en cada uno de los sectores consumidores de energía, tanto para los países industrializados como para los en desarrollo.

Países Industrializados

RESIDENCIAL La calefacción, que representa entre 60 y 80 por ciento del uso final de energía en las edificaciones residenciales de los países industrializados, merece que se le brinde particular atención y, de hecho, ha sido un punto focal de los programas de conservación energética residencial. Existen dos principales caminos para aumentar la productividad energética de la calefacción: mejoras en la construcción y en los equipos de calefacción.

Mejoras en la construcción Son posibles grandes mejoras en el rendimiento energético de la vivienda, tanto para las nuevas construcciones como para las ya existentes.

La Tabla 2 relaciona el rendimiento energético de varios grupos de casas nuevas que incorporan importantes características de ahorro de energía. En Suecia se ha adquirido considerable experiencia en la construcción de casas térmicamente "cerradas". Por ejemplo, la eficiencia energética (corregida para clima y superficie) de las casas construidas bajo las normas de construcción suecas de 1975 es casi igual a la de algunas de las mejores casas construidas en EE.UU. (por ej., las casas de Minnesota y Oregon). Hoy se construyen en Suecia casas que rinden considerablemente más que aquellas construidas bajo las normas de 1975, tal como indican los ejemplos de Skane en la Tabla 2.

Si bien se podría pensar que las casas eficientes en energía fuesen muy caras, existe una creciente evidencia que sugiere que el costo adicional de una casa eficiente en energía puede no ser muy grande en comparación con el costo de una casa convencional, debido a que los costos adicionales de las mejoras pueden ser compensados, en un grado considerable, por los ahorros en los sistemas de generación y distribución de calor (27). Se dispone de muy buena información sobre el costo de casas eficientes en energía para dos versiones de casas prefabricadas vendidas por Faluhus. Ambas versiones son idénticas a excepción de sus características de rendimiento energético, siendo la versión más eficiente una de las casas de este tipo más eficientes en el mercado. El costo asociado de la energía ahorrada (el costo anualizado de la inversión adicional dividida por el ahorro anual de energía) es menor que el precio actual

de la electricidad sueca, aunque las tarifas actuales, basadas en hidroenergía, sean bajas, y está por debajo de los costos marginales de la energía eléctrica proveniente de fuentes nuevas (ver nota (j) de la Tabla 2).

Ya que el "parque" de construcciones tiene una vida útil larga, la utilización de energía para fines de calefacción continuará siendo predominante por algunas décadas en los edificios existentes. Aunque las oportunidades para adaptar los edificios existentes no son tantas como las que ofrecen las construcciones nuevas, todavía se puede lograr mucho en aquellos.

Por ejemplo, el plan decenal del Gobierno de Suecia para la readecuación de edificios, está orientado a reducir en un tercio el consumo de energía en los edificios existentes en 1978. El Plan fue iniciado en dicho año y está optimizado para un precio de la energía 30% inferior a los precios de 1981. En Estados Unidos, el Experimento en Readecuación Modular (ERM), basado en la distribución de gas, demostró las posibilidades del estado del arte para el aprovechamiento de oportunidades no convencionales y de bajo costo, que han sido identificadas por medio de equipos sofisticados de diagnóstico (47). En el ERM, los ahorros medidos, asociados con la visita de dos personas por un día, promediaron 10% del uso del gas asociado a la calefacción. Subsecuentemente, la readecuación más convencional, a través de modificaciones de construcción, aumentó la economía media de combustible a 30%, con una inversión total promedio de unos US\$ 1.300. La tasa de retorno interna real por economía de combustible fue de casi 20%, para un precio supuesto de US\$ 8 por GJ de gas (el precio del combustible para calefacción en 1982) (27) durante todo el ciclo de vida.

Los logros demostrados en el ERM no representan el límite de lo que se puede alcanzar con las mejoras de construcción en las viviendas existentes. Un experimento importante, que aprovecha oportunidades adicionales de readecuación no convencional, resultó en un ahorro de 2/3 partes de la energía utilizada en una casa en EE.UU. que, antes de las modificaciones, fue considerada como "térmicamente cerrada", de acuerdo con las normas estadounidenses (48). Durante un período de varias décadas, el potencial de ahorro de energía basado en la readecuación, es mucho mayor del que se puede lograr de forma inmediata. Con el tiempo, se necesitarán varias modificaciones estructurales; algunas mejoras de construcción, con el fin de reducir el consumo de energía, serán mucho más efectivas en costo si son llevadas a cabo en asociación con tales cambios estructurales (por ej., colocación de ventanas eficientes en energía, cuando se necesitan ventanas nuevas) que si fueran llevadas a

cabo sólo por los beneficios de economía energética. Además, continuarán desarrollándose nuevas oportunidades técnicas para reducir la demanda de energía.

Equipos de conversión energética Los últimos años han demostrado que las eficiencias de los equipos de calefacción se pueden mejorar mucho. Para los altos hornos a gas, las eficiencias de conversión han aumentado en EE.UU. desde un promedio de 69% en los nuevos altos hornos "condensadores", llamados así porque el mejor rendimiento implica la extracción de calor de los gases de chimenea más allá del punto en que el vapor de agua se condensa (27). También están disponibles en el mercado bombas de calor con un coeficiente de rendimiento (CDR) de hasta 2,6 para las unidades de aire/aire y hasta 3 para las unidades de agua/aire o agua/agua. Para efectos de comparación, el CDR promedio de las bombas de calor existentes en EE.UU. es menor a 2 y el de las unidades eléctricas de resistencia para calefacción es de 1 ó menos.

Uso final residencial total de energía En la Tabla 3 se indica el potencial global para ahorros de energía y se muestra el uso final residencial de energía per cápita, primero para los hogares medios de EE.UU. y Suecia en la actualidad y, segundo, para hogares hipotéticos dotados de todas las comodidades eléctricas, las que incorporan las tecnologías más eficientes comercialmente disponibles en 1982. Si bien estos hogares hipotéticos tienen mayores comodidades que los hogares medios de hoy, utilizarían sólo unos 300 watts per cápita, lo cual es mucho menos que los actuales niveles de utilización energética. Con las tecnologías más eficientes bajo desarrollo, el uso de la energía podría ser reducido más aún.

EDIFICIOS COMERCIALES En los presupuestos energéticos de los edificios comerciales, como en los de los edificios residenciales, predominan las necesidades de acondicionamiento ambiental; pero para los edificios comerciales, son mucho menos importantes las mejoras de construcción, excepto las realizadas a fin de controlar la luz natural y la incidencia solar. La mayor parte de las oportunidades para lograr un mejor rendimiento energético involucra el uso de equipos más eficientes en energía y una mejor adecuación de los suministros de energía a los requerimientos de servicios energéticos, mediante el uso de mejores tecnologías de control. La importancia de los controles está sugerida por el hecho de que en los edificios comerciales de EE.UU., a menudo se malgasta energía calentando el aire en el verano y enfriándolo en el invierno.

Mientras que los nuevos edificios comerciales son menos intensivos en energía que los existentes, tanto en EE.UU. como en Suecia, el rendimiento energético de algunos de ellos es mucho mejor que el del promedio (ver la Tabla 4). Quizás el edificio comercial más eficiente en energía construido en los últimos años de la década del 70, sea el edificio Folksam, en Farsta, cerca de Estocolmo, Suecia. Con un diseño ordinario, el edificio se sobrecalentaría (por la iluminación y otras cargas internas de calor) y requeriría de enfriamiento durante el día y de calefacción de noche. Pero con el diseño de Folksam, el excedente de calor producido en el día se almacena para su uso de noche (o para calentar el edificio por la mañana). El almacenamiento se logra a través del concepto de "Thermodeck", el cual implica pasar el aire de ventilación de las oficinas por medio de núcleos tubulares largos dentro de las masivas planchas de concreto. Con este esquema de almacenamiento, el aumento de la temperatura del aire de las oficinas durante el día es de sólo unos 2 grados, así que no es necesario el enfriamiento. El sistema almacena calor en las planchas durante el día, las cuales se enfrían con el aire externo por la noche.

El edificio más eficiente en energía en Suecia hoy en día es el Edificio Harnosand, en el norte del país; fue construido en 1981. Al utilizar el principio de "Thermodeck", precalentamiento del aire de ventilación con paneles solares y controles de microprocesadora para adecuar mejor la oferta de energía a la demanda, el edificio utiliza sólo aproximadamente la mitad de la energía por metro cuadrado que el Edificio Folksam (ver Tabla 4).

La mejor gestión energética, con poca o nula inversión de capital (por ej., reducción del termostato por la noche; ajustes en la ventilación para mejor cumplir con las necesidades) generalmente consigue un ahorro del 20 a 30 por ciento de la energía utilizada en los edificios comerciales existentes en Suecia (49). En EE.UU. el ahorro promedio medido en 184 edificios fue 23%; el costo correspondiente de la energía economizada para 56 edificios, para los que se disponía de datos de costos, fue US\$ 2,8 por GJ (dólares de 1982), suponiendo una vida de readecuación de 10 años y una tasa real de descuento del 10% (50). Sin embargo, estos ahorros son menores que la economía potencial, puesto que probablemente se puede hacer mucho más por un costo de energía economizada inferior al precio medio de la energía, que para los edificios comerciales de EE.UU. en 1979 fue de unos US\$ 8 por GJ (51). En una encuesta de arquitectos e ingenieros experimentados, realizada por el Instituto de Investigaciones en Energía Solar, hubo consenso en que una reducción del 50% en el uso de la energía por metro cuadrado, en promedio, es un objetivo alcanzable para los edificios comerciales de EE.UU. para el año 2000 (52).

TRANSPORTE En 1982 el transporte explicó el 53% de todo el petróleo consumido en las naciones de la OCDE (53). Los automóviles y camionetas livianas merecen especial atención, ya que representaron más del 60% de todo el uso en este sector.

Existen oportunidades para mejorar la economía de combustible en los automóviles y camionetas livianas, desde los actuales valores de 12 a 8 lt./100 km. (20 a 30 mpg) al rango de 4 a 2,3 lt./100 km. (60 a 100 mpg) en las próximas décadas, tanto por la vía de aumentar la eficiencia del motor y de la fuerza motriz, como por la de reducir el peso y las resistencias aerodinámicas y de rodado de los vehículos.

Las eficiencias de motor generalmente son bajas. Por ejemplo, el modelo "Rabbit" 1981 de la Volkswagen, a gasolina y de transmisión manual, tiene una eficiencia media de motor/fuerza motriz de sólo el 13,5 por ciento en la conversión del combustible en energía mecánica en las ruedas (39). Una posibilidad para mejorar la eficiencia es cambiar a un motor a diesel. La versión diesel del "Rabbit" tiene un rendimiento energético de 5,3 lt./10 km. (45 mpg) en el ciclo motriz combinado, según el EPA de EE.UU., en comparación con 7,9 lt./100 km. (30 mpg) para la versión a gasolina. El costo de la energía ahorrada por este cambio de motor, que cuesta US\$ 525, suponiendo una tasa anual real de descuento para el ahorro de 420 litros de combustible (110 galones) para una distancia media de recorrido de unos 16.000 kilómetros por año (unas 10.000 millas), sería sólo US\$ 0,22 por litro de gasolina equivalente (US\$ 0,78 por galón).

Mejoras adicionales en el VW "Rabbit", en base a tecnologías probadas —como reducción de la resistencia de rodado y aerodinámica, cambio de una precámara a un motor diesel de inyección directa, utilizando una transmisión continuamente variable, reducción de peso y adición de una característica de motor apagado durante el desplazamiento por inercia y tiempo ocioso— mejorarían la economía de combustible a 2,6 lt./100 km. (89 mpg) (39), sin aumentar el costo total de tenencia y operación del auto (ver la Figura 2). Muchas de estas características han sido incorporadas en prototipos, de los cuales son buenos ejemplos el Auto Experimental VW y el Proyecto 2000 de Componentes Livianos de la Volvo (LCP 2000), con economías de combustible de 3,8 y 3,6 lt./100 km (62 y 65 mpg), respectivamente (ver la Tabla 5).

Entre las mejores posibilidades con las tecnologías avanzadas, el efi-

ciente motor adiabático a diesel es especialmente prometedor. El LCP 2000 de la Volvo, con un motor de 3 cilindros, con aislamiento térmico, inyección directa y turbocargado, es un avance en este sentido (54).

Investigadores de la Ford Motor Company describen de la siguiente manera cómo sería un vehículo "típico" de fines de la década del 90 (55):

"... un vehículo para 4 ó 5 pasajeros, de un rango de 2000 libras (900 kg) de peso muerto, con un coeficiente de resistencia aerodinámica de 0,20 o menos. . . Por medio de la electrónica se controlaría el motor turbocargado, cerámico, adiabático, a diesel, con una transmisión continuamente variable para proporcionar una actuación suave y fácil, con una economía de combustible por encima de 100 millas por galón en la carretera. . ."

Una inquietud que ha surgido en cuanto a los autos de super-rendimiento en términos de mpg es su seguridad. Sin embargo, el hecho de que un auto liviano no tiene que ser inseguro está mostrado por las características de seguridad incorporadas en el LCP 2000 de la Volvo (54). Además, los investigadores de la Cummins Engine Company y el Centro Lewis de Investigación de la NASA han descrito el diseño de un carro de pasajeros de 1.360 kg (3.000 lb.) con un motor adiabático a diesel con un ciclo de fondo de turbo-compuestos que tendría una economía de combustible de 3,0 lt./100 km. (70 mpg) (56).

La contaminación del aire por los motores a diesel es una inquietud más. Una solución, es que las versiones de los motores a diesel encendidas por chispa (por ej., el auto de la Cummins/NASA Lewis) podría utilizar una amplia gama de combustibles, incluyendo la gasolina y el metanol (57), sin una pérdida de eficiencia (58).

Para las camionetas y camiones, parece factible reducir en 50% el uso de energía por tonelada-km., con respecto al actual promedio estadounidense para los camiones de larga distancia, a través de una combinación de medidas como el desarrollo de motores adiabáticos a diesel y ciclos de fondo, reducción de la resistencia aerodinámica y mejores llantas (59). Se pueden lograr economías adicionales a través de factores de carga más grandes.

Para los aviones de pasajeros, el alto costo del combustible, representando hasta el 30% de los costos de operación de las aerolíneas comerciales

de EE.UU., está dando un fuerte incentivo a la implementación de mejoras para economizar combustible. Parece factible reducir la intensidad de combustible en 50% con respecto a los niveles de 1977 en EE.UU., por medio de una combinación de medidas como son: completar la sustitución del parque de aeronaves con jets de cuerpo ancho con motores de turboventilación y alta derivación, mejorar el diseño de las alas y reducir el peso a través de compuestos (59).

INDUSTRIA Las "crisis" de los precios de la energía en los 70, derivaron en incrementos relativos de precio en la industria superiores a los experimentados por los otros sectores consumidores de energía. Dentro del sector industrial, muchas de las industrias de procesamiento de materiales básicos, intensivas en energía, que representaron el 70% del uso de la energía en la industria de los países de la OCDE en 1979, experimentaron aumentos en el precio relativo de la energía mucho mayores que el promedio de la industria en conjunto. Una medida de los impactos económicos relativos de los altos precios de la energía en las diversas actividades manufactureras, es la relación costos de la energía/valor agregado. En EE.UU. esta relación en 1980 fluctuaba entre 15 y 76 por ciento para diversos sectores y subsectores del procesamiento de materiales básicos, pero tuvo un promedio de sólo 3 por ciento para otras actividades manufactureras. (60).

Así, las condiciones económicas proporcionaron una fuerte motivación para la búsqueda de mejoras en la productividad energética. Afortunadamente, como en otros sectores, existe una amplia gama de oportunidades técnicas para lograr tales mejoras. Es conveniente clasificar estas oportunidades como: buenas medidas de mantenimiento; cambios fundamentales de procesos o productos y nuevas tecnologías de conversión energética.

Buen Mantenimiento Medidas de mejor administración, como aislamiento y tapa de fugas en las líneas de vapor y cierre de los sistemas de suministro de energía cuando no están en uso, han explicado mucho del ahorro energético de la industria desde los aumentos del precio de la energía. El potencial para mejoras de la productividad energética aquí es del orden de 19-20 por ciento, con un costo reducido o nulo de capital.

Innovaciones en Procesos El objetivo de las innovaciones en los procesos, no es el de reducir la demanda de energía o minimizar el costo de proporcionar servicios energéticos, sino minimizar el costo total de producción. La

historia de la industria moderna muestra que los nuevos procesos para suministrar productos conocidos son los más susceptibles en superar la resistencia al cambio técnico y desplazar los procesos existentes si ofrecen oportunidades para mejoras simultáneas en varios factores de producción: reducción de las necesidades de mano de obra, capital, materiales y energía (61,62). Este ha sido un fenómeno tan poderoso que los requerimientos de energía a menudo se han reducido en el proceso de innovación tecnológica, aún durante épocas de precios decrecientes para la energía.

Continuamente se están desarrollando nuevos procesos. Importantes áreas de investigación y desarrollo, de las cuales probablemente continuarán surgiendo innovaciones para los procesos industriales, incluyen: metalurgia de polvo, metalurgia de plasma, diseño y fabricación asistida por computadora, procesamiento de productos químicos a laser, biotecnología, tecnología para la separación de membranas y uso de micro-ondas para el calentamiento localizado y no volumétrico. Las mejoras en todas estas áreas permitirían hacer más con menos, producir más valor agregado con menos insumos de los diversos factores de producción, incluyendo la energía.

Consideren el ejemplo del acero. Aproximadamente cinco sextas partes de toda la producción de acero se realizan en los países industrializados, donde absorben una gran parte de toda la energía utilizada para la fabricación: por ej., 1/6 en Suecia y 1/7 en EE.UU. La cantidad mínima teórica de energía requerida para producir una tonelada de acero a partir del mineral de hierro es 7 GJ (63) y 0,7 GJ, a partir de chatarra. En la actualidad, la fabricación de acero en Suecia y EE.UU. está basada en una mezcla 50/50 de mineral de hierro y chatarra, de manera que el mínimo termodinámico es de unos 3,9 GJ por tonelada de acero bruto. Para efectos de comparación, la energía empleada para producir acero bruto fue 27 GJ por tonelada en EE.UU. en 1979 y 22 GJ por tonelada en Suecia en 1976 (6).

El potencial para lograr incrementos en la productividad energética en la producción de acero se puede apreciar en los procesos actualmente bajo desarrollo para la fabricación de hierro en Suecia: Plasmamelt y Elred. En los dos casos, el objetivo es el de reducir los costos globales y disminuir los problemas ambientales: a través del uso directo de minerales en polvo (concentrados), sin la aglomeración del mineral mediante sinterización o peletización; a través del uso de carbón de vapor ordinario en lugar del coque, que es mucho más costoso; y a través de la integración de operaciones que en la actualidad

se realizan de forma separada.

Las necesidades energéticas son de 8,7 GJ/tonelada (de los cuales 4,2 GJ son electricidad) para Plasmasmelt y 119,0 GJ/tonelada (1,3 GJ de electricidad) para Elred (44). El proceso de Plasmasmelt sería particularmente atractivo para países pobres en carbón mineral pero ricos en hidroenergía, mientras que en los países donde son altos los precios de la electricidad (por ej., EE. UU.), puede ser preferible enfocar los procesos menos intensivos en energía eléctrica como el Elred, u otros procesos de fabricación de hierro que no producen metal fundido sino hierro sólido directamente reducido. Los procesos de reducción directa convierten varias formas del mineral de hierro en fierro esponja a temperaturas muy por debajo del punto de fusión, utilizando una gran variedad de agentes reductores, que intentan integrar operaciones actualmente separadas para así ahorrar en los costos de capital, mano de obra y energía; incluyen la fundición continua, fabricación directa de acero y fabricación de acero en seco (64).

El proceso de fabricación de acero en seco, que rinde un producto final en la forma de polvo (y evita la fundición) promete costos muy bajos de capital e idoneidad para operaciones de pequeña escala, así como también un gran ahorro de energía con respecto a los procesos convencionales (64).

Cambios en los Productos El diseño de productos puede conducir a una reducción en el uso de energía si facilita el reciclaje de materiales; esto es especialmente importante para los metales. Para convertirse en acero acabado, el acero reciclado requiere sólo el 35% de la energía que requiere el mineral de hierro, y en el caso del aluminio, se requiere menos del 10%. El diseño de productos también puede conducir a una reducción en el uso de la energía si extiende la vida del producto, facilitando así la reparación, reelaboración y reutilización.

La reducción del peso de un producto también ofrece amplias oportunidades para economizar energía. Pero, a veces, un cambio a materiales livianos puede aumentar la cantidad de energía utilizada en la fabricación; por ejemplo, cuando se sustituye el aluminio por acero en los autos. Sin embargo, estos aumentos normalmente son compensados por reducciones mucho mayores de la energía utilizada en las operaciones, tal como sería el caso del auto liviano de la Volvo: el LCP 2000 (54).

Algunas de las posibilidades más halagadoras para las sustituciones

orientadas al ahorro de energía implican el desarrollo de materias primas totalmente nuevas, que pueden ser más apropiadas para una nueva era de la energía costosa. Un candidato es el "supercemento", ya bajo desarrollo.

El cemento ordinario es un material básico de la construcción. Se puede elaborar con recursos comunes y corrientes: calizas, arcillas y arenas y tiene una intensidad energética relativamente baja. Se necesita 6 veces más energía para producir un metro cúbico de poliestireno y 29 veces más, para producir un metro cúbico de acero inoxidable. Parecería deseable, por lo tanto, poder sustituir tales materiales básicos intensivos en energía con cemento. Las posibilidades de sustitución son bastante limitadas hoy en día, en gran parte porque el cemento tiene una baja resistencia a la tensión y a la fractura. Sin embargo, la investigación y el desarrollo recientes han conducido al descubrimiento de maneras de mejorar drásticamente estos aspectos del cemento (65).

El nuevo supercemento es un cemento libre de macro defectos (LMD), que difiere del cemento ordinario en cuanto los poros del cemento se reducen del tamaño milimétrico al micrométrico. Ello aumenta notoriamente la resistencia a la tensión y a la fractura; el supercemento se puede hacer altamente resistente a los impactos a través de su refuerzo con fibras. Dichas fibras pueden ser materiales orgánicos no costosos porque se fabrica el cemento a bajas temperaturas. Franjas del cemento LMD reforzado con fibras se pueden hacer lo suficientemente flexibles para ser dobladas como tiras de metal (65).

Nuevas Tecnologías de Conversión Energética Mientras que las innovaciones para efectuar cambios en los procesos y en los productos a menudo generan múltiples economías energéticas, las tecnologías involucradas tienden a ser de aplicabilidad limitada. También existen oportunidades para ahorrar energía con dispositivos de conversión energética, que normalmente arrojan una economía energética del 10 al 50% inferior a la de los cambios en procesos y productos, pero que son importantes en términos agregados debido a su amplia aplicabilidad en toda la industria. Estas posibilidades incluyen mayor aislamiento de altos hornos, reflectores de radiación, aparatos de recuperación de calor, calentamiento inductivo de metales, calentamiento por micro-ondas, co-generación (66) y mejores sistemas de fuerza motriz mecánica. Para ilustrar las posibilidades en este sentido, se tratará brevemente el tema de la tecnología de la fuerza motriz o accionamiento mecánico.

El accionamiento mecánico explica gran parte del uso industrial de la electricidad en las naciones industrializadas. Tanto en EE.UU. como en Sue-

cia, por ejemplo, el accionamiento de motores industriales representó aproximadamente 3/4 partes del uso total de la energía eléctrica en la industria. Un estudio de los sistemas de accionamiento mecánico en la industria eléctrica británica ha mostrado que menos de la mitad de la potencia de entrada de una central se transmite a la punta de la herramienta, con la pérdida de la tercera parte de la potencia total de entrada en las cajas de transmisión y reductores (67).

Motores sobredimensionados y de velocidad constante son utilizados normalmente para desplazar gases, cuyo flujo es regulado a través de deflectores; de manera similar, se utilizan válvulas de reducción para controlar los flujos de líquidos. La adecuación de la demanda de energía eléctrica a la oferta, a través de estrangulación, implica un considerable desperdicio de energía. La tecnología del accionamiento de corriente alterna y velocidad variable (AVV) es una alternativa eficiente en energía y de amplia aplicabilidad a situaciones de carga variable involucrando bombas, compresores, ventiladores, etc. Se estima que, para 1990, la mitad del uso de motores de corriente alterna en EE. UU. podría verse afectada económicamente con el uso de controles de AVV, con un ahorro promedio de 30% en los motores afectados (68). Es posible una amortización de 1 a 3 años en una gran variedad de aplicaciones. Debido a mejoras en la tecnología de estado sólido, ha mejorado en los últimos años la confiabilidad de los dispositivos AVV, y los costos han bajado notoriamente. Se puede esperar que estas tendencias continuarán.

Los Países en Desarrollo

EL SECTOR MODERNO La mayoría de las oportunidades para uso eficiente de energía relevantes para los países industrializados también lo son para los sectores modernos de los países en desarrollo - en vivienda (excepto calefacción, que no se necesita en la mayor parte de las zonas), transporte e industria. Tales oportunidades a menudo pueden ser aún más atractivas para los países en desarrollo, por las siguientes razones:

Primero, porque el capital generalmente tiende a ser más escaso en los países en desarrollo. A pesar de que las mejoras en la eficiencia energética usualmente requieren de mayores inversiones en el punto de uso final, las inversiones requeridas a menudo son menores que las necesarias para generar una cantidad equivalente de energía, la cual sería utilizada con equipos de uso final menos eficientes, de manera que el total de las necesidades de capital pa-

ra el sistema energético en su conjunto generalmente serían reducidas a través de inversiones en eficiencia energética. Por ejemplo, en el Estado de Sao Paulo, Brasil, el costo de entregar 1 kW de electricidad (carga fundamental) a un cliente industrial durante toda la vida útil (50 años) de una instalación hidroeléctrica es de US\$ 3,250, mientras que el costo correspondiente del ahorro de un kW, por medio de la instalación de accionadores de velocidad variable en los motores industriales (25 por ciento de ahorro de energía eléctrica), está en el rango de US\$ 900 a US\$ 1,800 por kW, suponiendo una tasa de descuento de 10% en los dos casos (7).

Segundo, la grave presión existente sobre los ingresos por exportaciones de los países en desarrollo, provocada por las facturas petroleras, constituye un poderoso incentivo para la reducción de las necesidades de importación de petróleo, para así llegar a ser más autosuficientes. Para ello, la mejora de la eficiencia energética (por ej., en autos y camiones) puede ser una manera especialmente efectiva en costos.

Tercero, el potencial de gran crecimiento en las actividades intensivas en energía (por ej., el procesamiento de materiales básicos) es una condición propicia para grandes innovaciones en procesos y productos. En la nueva era de la energía cara, las tecnologías introducidas a fin de reducir el costo total frecuentemente serán mucho más eficientes en el uso de energía que las tecnologías correspondientes que actualmente se utilizan en los países industrializados, la mayor parte de las cuales fueron introducidas en la era de la energía barata. Debido a la saturación de los mercados y, por ello, al clima menos favorable para las innovaciones existentes en las industrias de procesamiento de materiales básicos, que se encuentran estancadas en los países industrializados, pudiera ser que, en algunas áreas, se produzcan primero importantes innovaciones industriales en los países en desarrollo. Los exitosos programas brasileños (a) para cambiar los autos de gasolina a etanol derivado de caña (68a) y (b) para producir aceros de alta calidad utilizando el carbón vegetal derivado del eucalipto, en lugar del carbón mineral, evidencian la posibilidad de tales saltos tecnológicos hacia adelante.

EL SECTOR TRADICIONAL

También existen grandes oportunidades para mejorar la eficiencia energética en el sector tradicional, donde la leña y otras formas de biomasa predominan en la utilización de la energía, principalmente para la cocción. La ineficiencia de las actuales estufas de leña se pone en relieve al comparar el

uso de la energía hoy en día para la cocción en estufas de leña en los países en desarrollo —unos 0,25 a 0,6 kW per cápita (0,4 a 1 tonelada de leña per cápita por año (60)— con la correspondiente tasa de utilización de GLP o gas natural para la cocción en ellos y en las economías industrializadas de mercado, generalmente unos 0,05 kW (ver la Figura 7).

Mientras que, tan recientemente como en 1983, sólo se lograban avances marginales en los programas de mejoramiento de la eficiencia de estufas (70), los últimos éxitos en la aplicación de los principios científicos de transferencia de calor y combustión, en los diseños de estufas, en combinación con los métodos estandarizados de pruebas y técnicas de producción, han posibilitado la introducción de una variedad de estufas de leña de alta eficiencia y bajo costo que son atractivas para los usuarios en una amplia gama de contextos culturales. Con tales estufas, las necesidades de combustible para la cocción se pueden reducir entre un 33 y un 50%; y el ahorro de combustible se complementa con otros importantes beneficios, tales como tiempo reducido de cocción y menores requerimientos de mano de obra para la recolección de leña (71, 72).

Mirando hacia el futuro, serían factibles otras mejoras si para la cocción se dispusiera de energéticos en forma gaseosa (GLP, gas natural, biogas o gas pobre), ya que las estufas sencillas a gas pueden ser eficientes en un 50% mientras que las estufas de leña, incluso las más eficientes, sólo alcanzan cifras de 30-40%. Otras mejoras adicionales serían posibles a través del uso de las estufas a gas avanzadas, con una eficiencia del 70%, que han sido desarrolladas recientemente (73).

Todas estas oportunidades podrían liberar recursos biomásicos para otros fines (74), por ejemplo, el transporte, la agricultura y la industria rural.

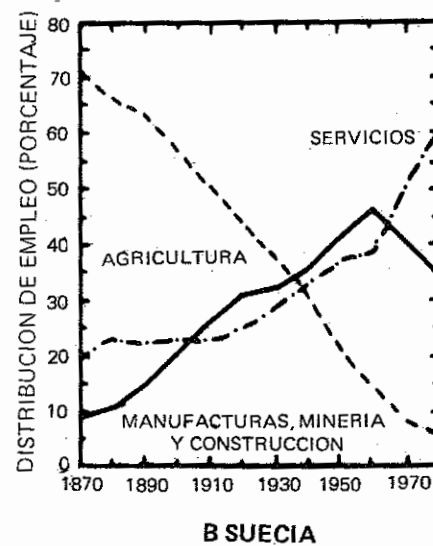
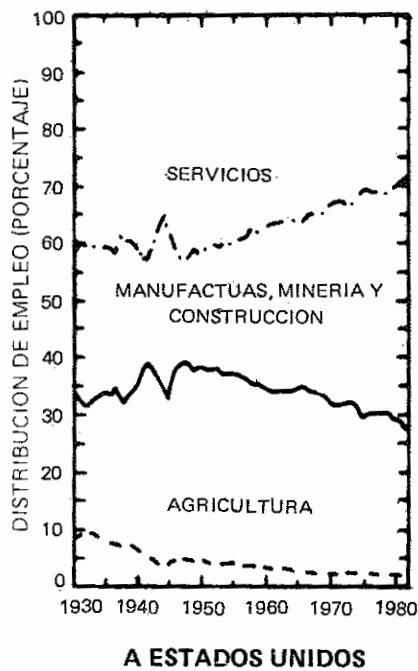


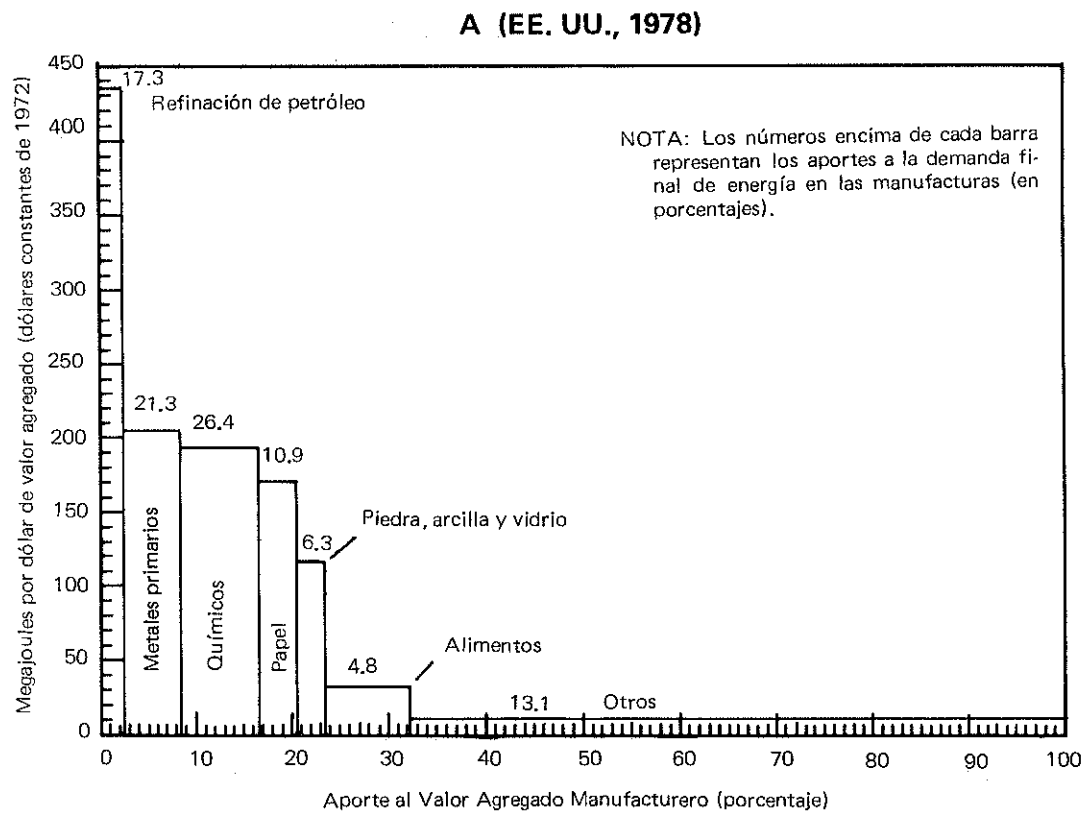
FIGURA 3

Distribución sectorial del empleo en (A) Estados Unidos y (B) Suecia. Para los Estados Unidos, la medida del empleo es el número de empleados de tiempo completo equivalente. Para Suecia, es el número de empleados que trabajan más de medio tiempo.

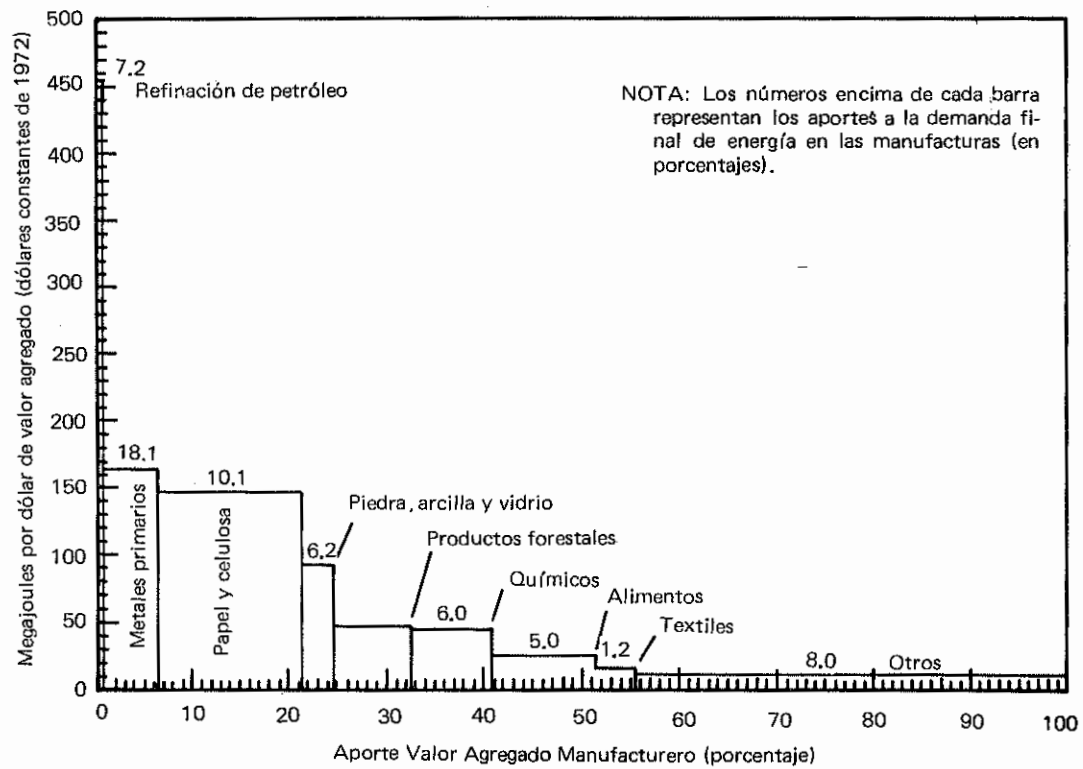
Intensidad de energía final vs. valor agregado manufacturero para
(A) Estados Unidos y (B) Suecia

35

FIGURA 4



B (SUECIA, 1978)



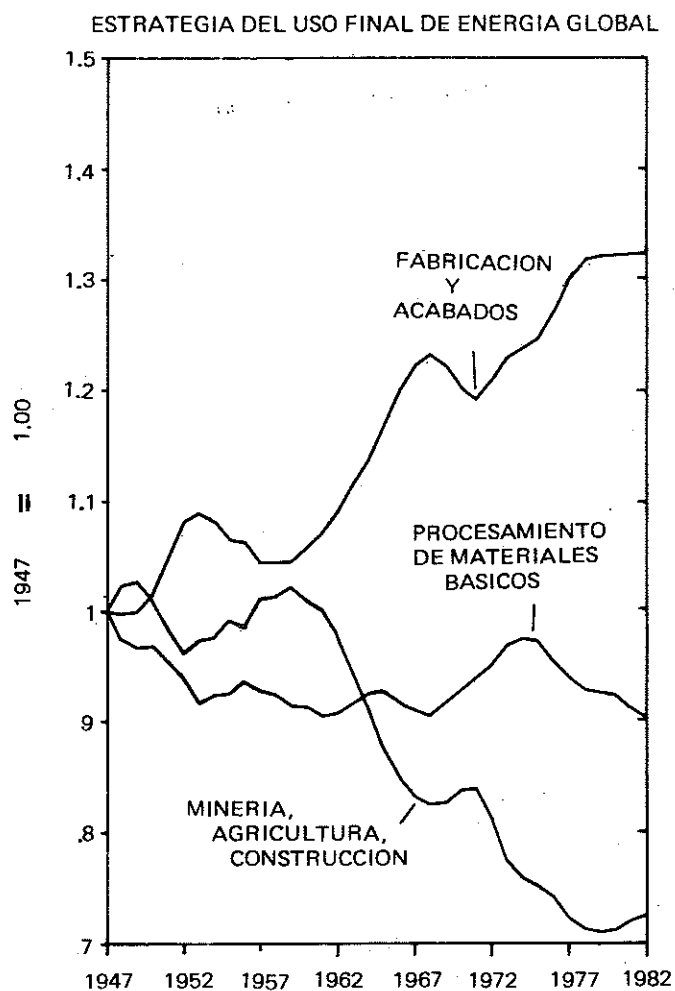


FIGURA 5

Tendencias en la composición de la producción industrial (producto bruto originado) para la minería, agricultura y construcción; el subsector del procesamiento de materiales básicos de la manufactura; y el subsector de la fabricación y acabados de la manufactura, todos en relación a la producción industrial total para Estados Unidos.

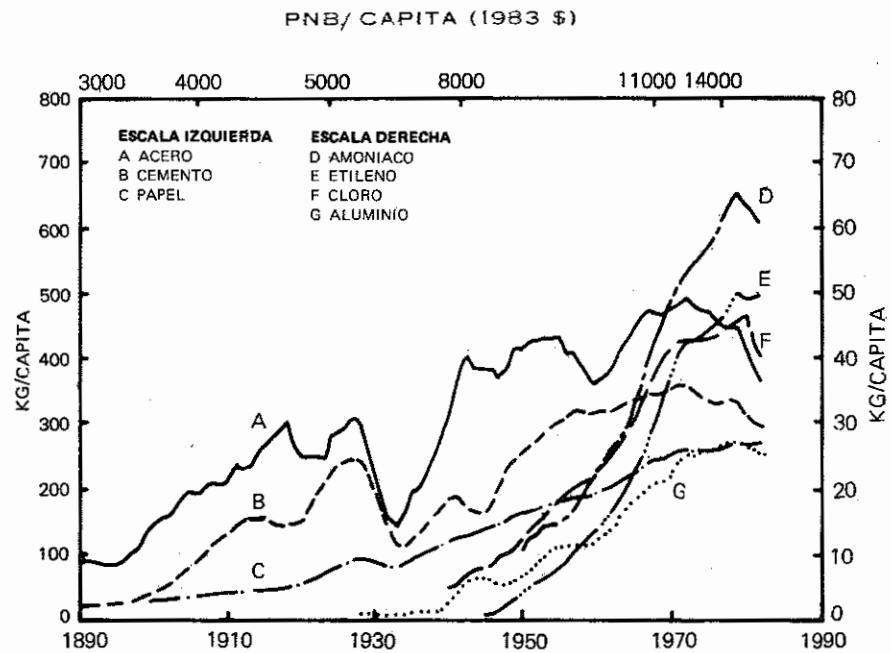
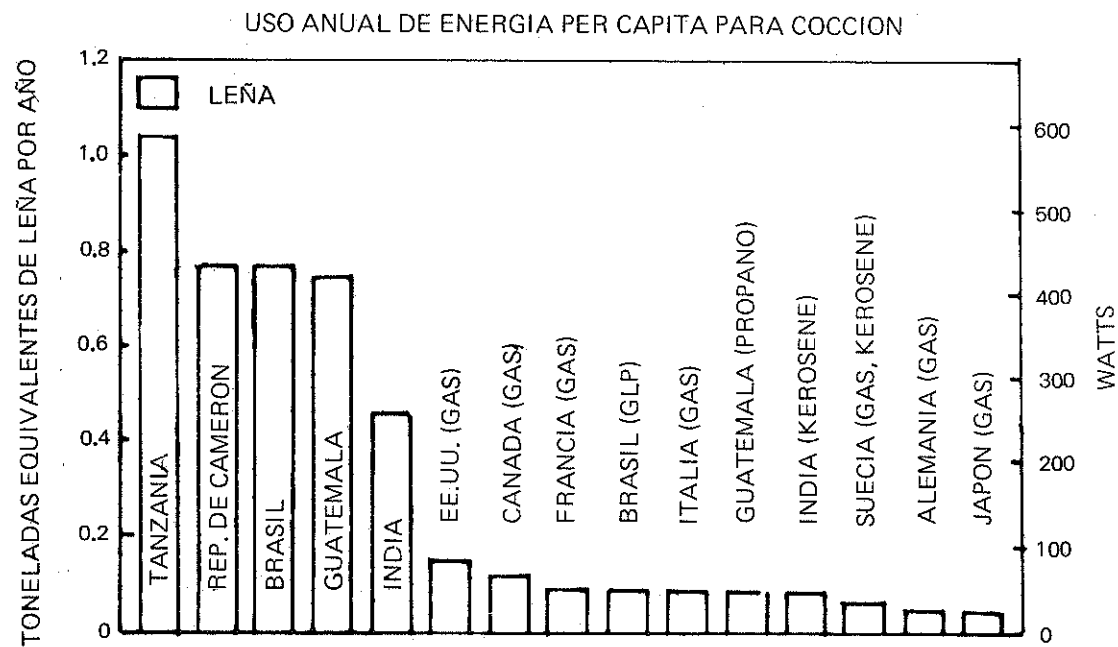


FIGURA 6

Uso de los materiales básicos en Estados Unidos. De (45). Los datos son promedios de cinco años consecutivos para consumo aparente (producción más importaciones netas, corregidas para cambios de inventarios).

FIGURA 7



Uso anual de energía per cápita para cocción. Suponiendo una tonelada de leña = 18 Gj, entonces
 1 t/año = 570 W.

TABLA 2

Necesidades de calefacción para viviendas unifamiliares (kJ por m² por grado-día).

Estados Unidos

Promedio, viviendas existentes ^b	160
Nuevas construcciones (1980) ^c	100
Valor promedio medido para 97 casas en el Programa Demostrativo de Vivienda Eficiente en Energía de Minnesota ^b	51
Valor promedio medido para 9 casas construidas en Eugene, Oregon ^d	48
Valor calculado para una Casa Energética Northern en la zona de la Ciudad de Nueva York ^e	15
	135

Suecia

Promedio, viviendas existentes ^f	65
Casas construidas de acuerdo con el Código de Construcción Sueca de 1975 ^g	36
Valor promedio medido para 39 casas construidas en Skane, Suecia ^h	18
Valor medido, casa de Mats Wolgast, en Suecia ⁱ	
Valor calculado para versiones alternas de la casa prefabricada vendida por Faluhus ^j	
Versión No. 1	83
Versión No. 2	17

a La producción necesaria del sistema de calefacción (o sea, pérdidas de calor menos ganancias de calor interno menos ganancias solares) por unidad de superficie por grado de calor °C-día (base 18°C).

b Ver (27).

c Informado por la Asociación Nacional de Constructores de Vivienda (94).

d) Ver (94).

e La Casa Energética Northern (NEH) en un diseño residencial superaislado vendido en Nueva Inglaterra y basado en técnicas de construcción modular con secciones de pared y de techo construidas en fábrica y montadas en un marco de postes y vigas. El rendimiento energético fue estimado utilizando el programa de computadora denominado Auditoría Residencial Instrumentada Computarizada (CIRA) (comunicación personal de D. MacMillan del Consejo Americano para Economía Eficiente en Energía, Washington, D.C.). La casa tiene una superficie de 120 m²; ventanas glaseadas triples con contraventanas para la noche; 20 cm (23 cm) de aislamiento de poliestireno en las paredes (techo); 0,15 ACH ventilación natural más 0,35 ACH ventilación forzada a través de un intercambiador de calor aire/aire con una eficiencia de 70%, y una carga de calor interno de 0,65 kW. La temperatura interna se supone como 21°C durante el día, rebajada a 19°C por la noche.

- f En 1980 los valores medios de consumo de combustible, superficie y grados de calor-día fueron 98,5 GJ, 120 m² y 4,474 grados-día, respectivamente, para las viviendas unifamiliares con calefacción a combustóleo (95). Para convertir el uso del combustible a las necesidades netas de calefacción, se supone una eficiencia de 66% para el horno.
- g Según (95), y suponiendo una casa de un solo piso y una superficie de 130 m², sin sótano, con calor de resistencia eléctrica, una temperatura interna de 21°C, y 4,010 grados C-días.
- h El promedio para 39 casas idénticas, de cuatro dormitorios y semi-independientes (112 m² de superficie; 3,300 grados-día).
- i La casa de Wolgast tiene 130 m² de espacio calentado, 27 cm (45 cm) de aislamiento de lana mineral en las paredes (techo), glaseado cuádruple, baja ventilación natural más ventilación forzada a través de aire precalentado en canales subterráneos. Se recupera el calor del aire de escape por medio de un intercambiador de calor. Para 3,800 grados-día, Ver (44).
- j La Faluhus tiene una superficie de 112 m². La versión No. 2, más eficiente en energía (con aislamiento adicional y recuperación de calor) cuesta 3,970 kronor suecos (Skr) (US\$ 516) por m² en comparación con 3,750 Skr (US\$ 488) por m² para la Versión No. 1. El ahorro de electricidad en la casa más eficiente sería 8,960 kWh por año. El costo de la energía economizada (suponiendo una tasa de descuento de 6% y una vida útil de 30 años en la inversión adicional) sería de 0,20 Skr por kWh (US\$ 0,026 por kWh). Para efectos de comparación, las tarifas eléctricas para los consumidores residenciales en Suecia consisten en un costo fijo grande, independiente del nivel de consumo (unos 1,200 Skr (US\$ 156) por año) más un costo variable de 0,25 Skr por kWh (US\$ 0,032 por kWh).

TABLA 3

Vivienda totalmente
eléctrica 4 personas
tecnología más
eficiente disponible
1982-1983^d

Viviendas medias actuales

Uso final	Estado Unidos (1980) ^a	Suecia (1978-1982) ^{b, c}	Estados Unidos	Suecia ^b
Calefacción	890	900	60e	65f
Aire Acondicionado	46	—	65g	—
Agua caliente	280	180	43b	110i
Refrigeradora	79	17	25	8
Congeladora	23	26	21	17
Estufa	62	26	21	16
Iluminación	41	30	18j	9j
Otros	80	63	75	41
Total	1501	1242	328	266

a El total consiste en 24% energía eléctrica y 76% combustible.

b Para detalles, ver (49).

c Este total consiste en 28% electricidad y 72% combustible, siendo el 50% de la primera para electrodomésticos y 50% para fines de calefacción.

d Con una saturación del 100% para los artefactos indicados, más lavaplatos, lavadora y secadora de ropa.

e Para la vivienda unifamiliar independiente de tamaño medio (150 m² de superficie) y el clima medio de EE.UU. (2,600 grados C-días); necesidades netas de calefacción de 50 KJ/m²/grado-día (Tabla 2), y una bomba de calor con un CDR promedio estacional de 2,6 (el de la unidad aire/aire más eficiente disponible en 1982).

f Para una Faluhus (Tabla 2) en un clima como el de Estocolmo (3,810 grados C-día). Esta casa utiliza un intercambiador para transferir el calor de aire de escape al aire fresco de entrada.

g Para una carga media de enfriamiento en las casas con aire acondicionado en Estados Unidos (27 GJ) por año y un CDR del ciclo de enfriamiento para la bomba de calor más eficiente disponible en 1982).

i El uso per cápita de energía en el agua caliente se supone como 1,000 kWh anuales, suministradas por un calentador a resistencia. Las bombas de calor de aire ambiental/agua no son competitivas con los bajos precios de electricidad en Suecia.

h Para 59 litros de agua caliente (a 49°C) per cápita por día (correspondiente a 910 kWh/año/habitante) y el calentador de agua con bomba de calor más eficiente disponible en 1982.

j Se logran los ahorros reemplazando los focos incandescentes con focos fluorescentes compactos que tienen una eficacia cuatro veces mayor.

TABLA 4

Factores de intensidad energética en sitio para edificios comerciales
(GJ por m² por año)

	Uso de combustible	Uso de Electricidad	Total
Estados Unidos			
Promedio de edificios existentes 1979 ^a	0.82	0.49	1.31
Práctica actual EE.UU. ^b	0.16	0.57	0.73
Rediseños Inst. Amer. de Arquitectos (AIA) para Corp. Res. Costo diseños mínimos vida útil AIA ^b	0.07	0.40	0.47
Enerplex Sur, Princeton, NJ ^c	0.04	0.28	0.32
	—	0.31	0.31
Suecia			
Promedio de edificios existentes 1982 ^d	0.66	0.38	1.04
Normas suecas para nuevas construcciones ^b	0.57	0.19	0.76
Edificio Folksam, Farsta ^e	0.07	0.39	0.46
Edificio Harnosand, Harnosand ^f	0.12	0.13	0.25

a Para un promedio de 2,700 grados de calor C-días. Ver (51).

b Tabla 1.12 (p. 39) y Fig. 1.61 (p 156) en (52).

c Para 2,700 grados de calor C-días. Valores calculados, no medidos, Ver (96).

d Consumo corregido para clima normal (4,010 grados de calor C-días). (Comunicación personal de L.G. Carlsson, Administración Nacional de Energía, Suecia, 1984).

e Valores medidos para el período representativo Dic. 1978-Dic. 1979 (3,810 grados de calor C-días). "Consumo de combustible" es la energía realmente entregada por el sistema de calefacción de distrito (97).

f Valores medios para 4,600 grados de calor C-días. (Comunicación personal de K-Konsult, una empresa consultora sueca de arquitectos e ingenieros, 1984).

TABLA 5
Economía de combustible para automóviles de 4 pasajeros^a

	Estatus	Economía y combustible (litros/100 km(mpg))	Potencia de motor (kW)	Peso Muerto (kg)	Coefficiente de resisten.
1981 Volkswagen Rabbit (gasolina)	comercial	7,9 (30)	55	945	0.42
1981 Volkswagen Rabbit (diesel)	comercial	5,3 (45)	39	945	0.42
Honda City Car (gasolina)	comercial	5,0 (47)	46	655	0.40
Volkswagen Experimental Car 2000 ^b	prototipo	3,8 (62)	33	786	0.25
Volvo LCP 2000 ^c	prototipo	3,6 (65)	66	707	0.27
Volvo LCP (potencial) ^d	diseño	2,75 (85)	—	—	—
Cummins/NASA Lewis Car ^e	diseño	3,0 (79)	51	1360	—
Pertran Car (diesel version) ^f	diseño	2.2-2.4 (100-105)	—	545	0.25

- a La economía media de combustible en los automóviles en 1978, a nivel mundial, fue de 13 litros por 100 km (18 mpg).
- b Motor a diesel, turbocargado de 3 cilindros y con inyección directa; más espacio interior que el Rabbit; motor apagado durante desplazamiento por inercia y tiempo ocioso (98).
- c 2 pasajeros, — carga ó 4 pasajeros; motor turbocargado de 3 cilindros, con aislamiento térmico, inyección directa y capacidad de utilizar multicomcombustibles (54).
- d El Volvo LCP 2000 más CVT y el motor apagado durante desplazamiento por inercia y tiempo ocioso. (Comunicación personal a Frank von Hippel de Rolf Melde, Corporación Volvo de Automóviles, Goeteborg, Suecia, 1985).
- e 4-5 pasajeros; motor adiabático a diesel de 4 cilindros, encendido por chispa, con inyección directa y capacidad de multicomcombustibles, cuerpo del modelo 1984 Ford Tempo (56).
- f Motor a diesel con precámara y supercargador; CVT; volante para almacenar energía al frenar (99).

AN END-USE-ORIENTED GLOBAL ENERGY STRATEGY*

Jose Goldemberg¹⁾, Thomas B. Johansson²⁾
Amulya K. N. Reddy³⁾, Robert H. Williams⁴⁾

THE DEMAND FOR ENERGY SERVICES

Two of the most useful applications of the end-use approach have been in understanding the extent to which energy planning is and can be effective in supporting development goals in developing countries, and in understanding ongoing shifts away from energy-intensive activities in industrialized countries.

Energy and Development

ENERGY FOR MEETING BASIC HUMAN NEEDS In the 1950s, when development strategies were first being articulated, it was generally felt that maximizing economic growth was the best way to eradicate poverty, but experience shows that the benefits of rapid economic growth have not trickled down to the poor.

Rapid growth is necessary for successful development, but not sufficient. A more effective way of dealing with poverty is by allocating resources directly to the satisfaction of specified basic human needs, with emphasis on the needs of the poorest, ensuring that minimum standards for nutrition, shelter, clothing, health, and education are met (8). There is no empirical evidence that targeting the satisfaction of basic human needs would lead to slower economic growth (9), and there are theoretical grounds for believing

* Second of a three-part series

1) President, Sao Paulo Energy Company, Brazil

2) University of Lund, Sweden

3) University of Bangalore, India

4) Princeton University, U. S. A.

that a basic human-needs policy would lead to higher growth because of the resulting increase in worker productivity (10). The allocation of sufficient energy to basic needs programs is of crucial importance in energy planning.

ENERGY AND EMPLOYMENT GENERATION Employment generation is a development challenge closely related to the eradication of poverty. Because technologies used for industrialization in developing countries today are far more labor-saving than the technologies used at the similar stage of development in the now industrialized economies, the challenge is daunting. While there is no going back to the primitive industrial technologies of yesteryear, it is desirable to pursue those development strategies most capable of providing employment, which has acquired the status of a basic human need. Energy is a key factor in addressing this problem, because energy and labor tend to be substitutable inputs for industrial activity (43).

The importance of employment generation has major implications for the industrial mix and the choice of technologies for a given mix, both of which are often shaped by public policies. In countries where labor is cheap, overall production costs would often be lower if labor-intensive technologies and industries were emphasized, but planners are often tempted to use subsidies to attract large-scale, energy-intensive industries that provide little direct employment.

NONCOMMERCIAL ENERGY While there is poverty in urban slums, most of the poor live in rural areas, and significant fraction live outside the market economy. The importance of rural poverty reflects a population distribution between rural and urban areas very different from that in industrialized countries. In the latter only 30% of the population live in rural areas, whereas 70% live in rural areas in developing countries (2).

In rural areas people depend for energy largely on biomass, mainly fuelwood, used mostly for cooking. But in parts of the developing world fuelwood consumption exceeds the rate of regeneration. Fuelwood-gathering involves many hours of drudgery each day, particularly for women and children. The ecological effects of deforestation created by excessive fuelwood use amplify this human toil.

The vast scale of rural poverty, the weakness of market forces in being able to deal with it, and the central importance of cooking and its relation to

the fuelwood crisis are all factors that must figure prominently in energy planning efforts.

DECENTRALIZED AS WELL AS CENTRALIZED ENERGY Inadequate attention to the problems of rural areas is causing the rural poor to flee to urban slums, which offer access to services that are unavailable in rural areas. The urban population in developing countries is growing more than twice as rapidly as the population as a whole (2). The urbanization trend is becoming increasingly unmanageable, however, as the crowded and polluted cities are unable to offer enough jobs to support the number of job seekers. Urban migration could be slowed and the cities made more livable thereby, if living conditions were improved in rural areas. In particular, rural-based, labor-intensive industries are needed.

Providing the energy for such industries requires an emphasis on energy planning in which centralized energy production, which is essential for meeting urban energy needs, is complemented by decentralized energy production in rural areas, where it is often uneconomic or otherwise impractical to provide energy services from centralized sources. To this end biomass used renewably is a promising feedstock for providing solid, gaseous or liquid energy carriers or for making electricity in small-scale operations for many rural areas.

It would be highly fortuitous if significant contributions to meeting development goals resulted from conventional energy planning, which mainly involves the engineering challenge of expanding conventional, centralized energy supplies to the extent suggested by energy-GDP correlations. Just as the trickle-down approach to economic development has failed to improve the lot of the poor, we fear that an energy trickle-down approach to energy development is likely mainly to expand the energy services available to the affluent, while leaving the poor little or no better off.

To be supportive of development efforts, energy planning in developing countries must emphasize the provision of energy for the satisfaction of basic human needs, employment generation, cooking, and the general problems of rural areas, seeking an appropriate balance between centralized and decentralized energy sources.

Structural Changes in the Industrialized Countries

Changing consumer demand patterns in industrialized countries are

reflected in the growing importance of services production at the expense of goods production and, within the goods-producing sectors, the growing importance of fabrication and finishing. Both of these shifts are in the direction of less energy demand per dollar of value added.

THE GROWING IMPORTANCE OF SERVICES The shift to services (e.g. finance, insurance, education, and communications, as well as marketing, information, medical, and recreational services) in industrialized countries has been proceeding for decades, as is evident from the long-term trends in employment in Sweden and the United States (Figure 3): In the early years of industrialization the shares of employment accounted for by both manufacturing and services grew at the expense of employment in agriculture. More recently, services have grown at the expense of manufacturing, mining, and construction as well (Figure 3).

The shift to services is also reflected in the slower growth of goods production. The output of the goods-producing sector (measured by gross product originating (GPO), or value-added) grew just 0.38 and 0.60 times as fast as GNP in the period 1970-1980 for the United States and Sweden, respectively.

THE GROWING IMPORTANCE OF FABRICATION AND FINISHING Within the goods-producing sector there is a continuing shift away from the energy-intensive processing of basic materials toward fabrication and finishing activities - processes which involve much fewer inputs of energy per dollar value-added than the processing of basic materials (Figure 4).

Consider the situation in the United States, which has a largely closed economy, so that the consumption of goods and services is approximately equal to production in most sectors. The industrial sector here can be disaggregated into mining, agriculture, and construction (MAC); the basic materials processing (BMP) subsector of manufacturing; and "other" manufacturing. In 1978, these three sectors accounted respectively for about 25%, 25% and 50% of industrial output and for 15%, 73%, and 11% of final energy use in industry; they required 3, 14, and 1 units of energy per dollar of output. Similarly, in Sweden, these sectors accounted for about 35%, 37%, and 28% of industrial output; 10%, 82%, and 8% of final energy use in industry; and 1, 7.5, and 1 units of energy per dollar of output, respectively. Thus while "other" manufacturing, which involves the fabrication and finishing of basic materials, is economically very important in both countries, the BMP subsec-

tor of manufacturing dominates energy use.

Shifts in output among these sectors toward less materials-intensive activities have been pronounced (Figure 5). In the 1970s the rate of growth of industrial output (GPO) for fabrication and finishing activities in the United States was 4.3% per year on average, compared to 3.0% per year for the BMP subsector and 1.2% per year for MAC. Similarly, in Sweden there is strong evidence of the declining importance of basic materials as contributors to economic growth (44): fabrication and finishing activities grew in this same period at an annual average rate of 2.0%, compared to 1.1% for industry as a whole, 1.2% for the primary metals sector, and a 1.4% rate of decline for the cement industry.

There is strong evidence that the shift towards fabrication and finishing is associated with saturation in the use of materials (e.g. a cessation of growth in per capita consumption), as indicated in a recent analysis of the long-term history and future outlook for a representative sampling of basic materials in the United States and some other industrialized market economies (Figure 6) (45). For both traditional materials (steel, cement, and paper) and modern materials (aluminum, ethylene, ammonia, and chlorine) per capita consumption stopped growing in the United States in the 1970s and in most cases actually began to decline. Similar trends have been found for the same materials in France, West Germany, and Great Britain (46). The trends appear to be due to a combination of factors, including more efficient use of materials in providing essentially the same materials services, materials substitution, and market saturation. In all cases, the outlook for volume growth in consumption was found to be poor, largely because of market saturation. Only markets for high-value-added, specialty products appear promising. It is unclear whether growth in these markets will be adequate to offset the declines in markets for high-volume bulk products, but the evidence for at least saturation is strong.

Shifts to fabrication and finishing, which typically require an order of magnitude less energy per unit of output than the processing of basic materials, can have profound effects on industrial energy use. For the United States, such shifts accounted for an annual rate of decline in industrial energy use per dollar of GNP of 1.6% during 1973-84, out of a total annual rate of decline of 3.6% in this period (46).

The trends toward reduced materials intensity (and hence usually

energy intensity) of the economies of highly industrialized countries began well before the onset of the energy crises of the 1970s. These trends can be expected not only to continue but perhaps also to accelerate, as a response to the sharp increases in energy prices that have taken place. This response may be complemented by the increased use of technologies that make much more efficient use of energy supplies in providing energy services.

OPPORTUNITIES FOR ENERGY PRODUCTIVITY IMPROVEMENT

Opportunities exist for large improvements in energy productivity for all major energy-intensive activities—space conditioning, lighting, cooking, and major household appliances; automobile, air, and truck transport; and the production of basic materials. The energy price increases of the 1970s have led to the commercialization of much more efficient energy-using technology than that now in wide use and to major R&D efforts that will lead to even more efficient technology in years to come. We illustrate the possibilities with examples from each energy-using sector, for both industrialized and developing countries.

Industrialized Countries

RESIDENTIAL Space heating, accounting for 60-80% of final energy use in residential buildings in industrialized countries, warrants focused attention, and indeed has been the focus of ongoing residential energy conservation programs. There are two major routes to increase energy productivity for space heating: improvements in building shells and in heating equipment.

Shell improvements Large improvements in the energy performance of the building shell are possible for both new construction and existing housing.

Table 2 lists the energy performance of various groups of new houses that incorporate major energy saving features. In Sweden there has been considerable experience in building thermally tight houses. For example, the energy performance (corrected for climate and floor area) of houses routinely built to conform to the 1975 Swedish building standard would be nearly as good as the performance of some of the better houses that have been built in the United States (e.g. the Minnesota and Oregon houses shown here). Houses that perform considerably better than the 1975 standards are being built routinely in Sweden, as indicated by the Skane examples in Table 2.

While one would expect the very energy-efficient houses to be very expensive, there is a growing body of evidence suggesting that net extra cost of a very energy-efficient house may not be very large in comparison to the cost of a conventional house, because the added costs of shell improvements may be offset to a considerable degree by savings in heat generation and distribution systems (27). Particularly good data on the cost of very energy-efficient houses are provided by the two different versions of Swedish prefabricated houses offered by Faluhus. These two versions are identical except for their energy performance characteristics, the more energy-efficient version being one of the most energy-efficient houses available. The associated cost of saved energy (the annualized cost of the added investment divided by the annual energy savings) is less than the present Swedish price of electricity, even though the present hydropower-based Swedish electrical rates are low and far below marginal costs of electricity from new sources (see note (j) of Table 2).

Because the building stock turns over so slowly, energy use for space heating will be dominated by existing buildings for decades. Although the opportunities in retrofitting buildings are not as large as for new construction, a great deal can still be done.

For example, the Swedish government's ten-year Plan for retrofitting buildings aims at a reduction of energy use in the 1978 building stock by about one third. The plan was initiated in 1978, and is optimized for an energy price 30% below 1981 prices. In the United States, the gas utility-based Modular Retrofit Experiment (MRE) demonstrated state-of-the-art possibilities for exploiting low-cost unconventional opportunities that are identified via sophisticated diagnostic equipment (47). In the MRE, the measured savings associated with the one-day two-person ("house doctor") visit averaged 19% of the gas use associated with space heating. Subsequently, more conventional shell modification retrofits raised the average fuel savings to 30%, for an average total investment of about \$ 1300; the associated real internal rate of return in fuel savings was nearly 20%, for an assumed life-cycle gas price of \$8 per GJ (the heating oil price in 1982) (27).

The achievements demonstrated in the MRE do not represent the limit of what can be achieved with shell improvements of existing dwellings. One important experiment exploiting additional unconventional retrofit opportunities resulted in a two-thirds energy savings in a US house that, prior

to modification, was regarded as thermally tight by US standards (48). Over a period of several decades the energy savings potential of retrofits is generally much greater than what can be achieved immediately. Over time various structural modifications of houses will be needed, and some important energy reducing shell improvements are much more cost-effective if carried out in conjunction with such structural changes (e.g. putting in energy-efficient windows when new windows are needed anyway) than if carried out for the energy savings alone. Moreover, new technical opportunities for energy demand reductions will continually be developed.

Energy conversion equipment The last several years have shown that the efficiencies of space heating equipment can be much improved. For gas furnaces conversion efficiencies have increased in the United States from an average of about 69% in new units sold in 1980 to more than 90% in new "condensing furnaces," so called because the improved performance involves extracting heat from flue gases past the point where the water vapor condenses out (27). Heat pumps with coefficients of performance (COPs) up to 2.6 for air-to-air units and up to 3 for water-to-air or water-to-water units have also come on the market. For comparison the average COP of heat pumps in the existing US stock is less than 2 and that of resistive electric heating units is 1 or less.

Total residential final energy use An indication of the overall potential for energy savings is given in Table 3, which shows per capita final residential energy use, first for average households in the United States and Sweden at present, and second for hypothetical all-electric households having a full set of major energy-using amenities and the most efficient technologies commercially available in 1982. While these hypothetical households have a higher level of amenities than average households today, they would use only about 300 W per capita, much less than present levels of household energy use. With the more efficient technologies under development, energy use could be reduced even further.

COMMERCIAL BUILDINGS The energy budgets of commercial buildings, like those of residential buildings, are dominated by the requirements for space conditioning; but for commercial buildings shell improvements other than for daylighting and sun control are much less important. Most of the opportunities for improved energy performance involve the use of more energy-efficient equipment and a better matching of energy supplies

to energy service requirements via better control technology. The importance of controls is suggested by the fact that in US commercial buildings energy is often wasted on heating air in summer and cooling it in winter.

While new commercial buildings are less energy-intensive than the existing stock in both the United States and Sweden, the energy performance of some new buildings is far better than that of typical new construction (Table 4). Perhaps the most energy-efficient commercial building constructed in the late 1970s is the Folksam Building in Farsta, near Stockholm, Sweden. With an ordinary design the building would become overheated (from lighting and other internal heat loads) and would require cooling in the daytime and heating at night. But with the Folksam design excess heat produced in the daytime is stored for use at night (or for heating up the building in the morning). Storage is accomplished via the "Thermodeck" concept, which involves passing the office ventilation air through long tubular cores in the massive concrete floor slabs on its way to the offices. With this storage scheme, the air temperature rise in the offices during the day is only about 2°C, so that cooling is unnecessary. In summer the system stores heat in the slabs during the day, as in winter, but the slabs are cooled with outside air at night.

The most energy-efficient commercial building in Sweden today is the Harnosand Building in northern Sweden, constructed in 1981. By using the Thermodeck principle, preheating ventilation air with solar panels, and using microprocessor controls to better match energy supply and demand, the building uses only about half as much energy per square meter as the Folksam Building (Table 4).

Improved energy management, involving little or no capital investment (e.g. night setbacks of thermostats, adjustments in ventilation to better match needs) typically leads to savings of 20-30% in existing commercial buildings in Sweden (49). In the United States, the average measured savings in 184 buildings was 23%, and the corresponding cost of saved energy for 56 buildings where cost data were available was \$2.8 per GJ (1982 \$), assuming a 10-year retrofit life and a 10% real discount rate (50). These savings fall short of the economic potential, however, since there is probably much more that can be done for a cost of saved energy less than the average price of energy, some \$8 per GJ for US commercial buildings in 1979 (51). In a survey of experienced architects and engineers conducted by The Solar Energy Research Institute the consensus judgment was that a 50% reduction in energy use per

square meter on average was an achievable target for US commercial buildings by the year 2000 (52).

TRANSPORTATION In 1982 transportation accounted for 53% of all oil consumption in the OECD nations (53). Automobiles and light trucks, which accounted for over 60% of all oil use in transport, warrant special attention.

There are opportunities to improve the fuel economy of automobiles and light trucks from the present typical values of 12-8 liters per 100 km (20-30 mpg) to the range 4-2.3 liters per 100 km (60-100 mpg) in the decades immediately ahead, both by increasing engine and drive train efficiency and by reducing vehicle weight and aerodynamic and rolling resistances.

Engine efficiencies are typically low. For example, the model year 1981 gasoline-powered Volkswagen Rabbit with manual transmission has an average engine-drive train efficiency of only 13.5% in converting fuel to mechanical energy at the wheels (39). One possibility for improving the efficiency is to shift to a diesel engine. The diesel version of the Rabbit has an energy performance on the US EPA combined driving cycle of 5.3 liters per 100 km (45 mpg), compared to the 7.9 liters per 100 km (30 mpg) for the gasoline version. The cost of saved energy for this \$525 engine switch, assuming a 10% real discount rate and annual savings of 420 liters (110 gallons) of fuel for the average driving distance of about 16,000 kilometers (about 10,000 miles) per year, would be just \$0.22 per liter (\$ 0.78 per gallon) of gasoline equivalent.

Additional improvements in the Volkswagen Rabbit, based on proven technology, such as reducing aerodynamic drag and rolling resistance, shifting from a prechamber to a direct-injection diesel, using a continuously variable transmission, reducing weight, and adding an engine-off feature during coast and idle, would improve its fuel economy to 2.6 liters per 100 km (89 mpg) (39), without increasing the total cost of owning and operating the car (Figure 2). Many of these features have been incorporated in prototypes of which the Volkswagen Experimental Car 2000 and the Volvo Light Component Project 2000 (LCP 2000) car with fuel economies of 3.8 and 3.6 liters per 100 km (62 and 65 mpg), respectively, are notable examples (Table 5).

Among further improvements possible with advanced technology, the efficient adiabatic diesel engine is especially promising. The Volvo LCP 2000,

with a three-cylinder, heat-insulated, direct-injection, turbocharged engine is an advance in this direction (54).

Researchers at Ford Motor Company describe what an "average" vehicle in the late 1990s could be like (55) as:

... a four-or five- passenger vehicle in the 2000-pound (900 kg) inertia weight class with an aerodynamic drag coefficient of 0.20 or less. . . Electronics would control a turbocharged, ceramic, adiabatic diesel engine and continuously variable transmission to provide amooth effortless performance and fuel economy in excess of 100 miles per gallon on the highway. . .

One concern raised about super-mpg cars is their safety. That a light-weight car need not be unsafe, however, is indicated by the safety features built into Volvo's LCP 2000 (54). Moreover, researchers at the Cummins Engine Company and the NASA Lewis Research Center have described the design of a "heavy" super-mpg automobile: a 1360-kg (3000-lb) passenger car, using an adiabatic diesel engine with a turbo-compound bottoming cycle, with a fuel economy of 3.0 liters per 100 km (79 mpg) (56).

Another concern is the air pollution from diesel engines. One solution is that spark-assisted versions of diesel engines (e.g. the Cummins/NASA Lewis car) would be able to use a wide range of fuels including gasoline and methanol (57), without loss of efficiency (58).

For trucks it appears feasible to reduce energy use per tonne-km by half, relative to the present US average for long-haul trucks, via a combination of measures such as the development of adiabatic diesel engines and bottoming cycles, reductions in aerodynamic drag, and tire improvements (59). Additional savings might be achieved through increased load factors.

For passenger aircraft, the high cost of fuel, accounting for as much as 30% of the operating costs of US commercial airlines, provides a strong incentive to implement fuel economy improvements. It appears feasible to reduce fuel intensity by 50% relative to 1977 levels in the United States by a combination of measures such as completing the shift to wide-bodied jets with high-bypass turbofan engines, improving wing design, and reducing weight through use of composites (59).

INDUSTRY The energy price shocks of the 1970s resulted in relative

price increases for industry much larger than those for other energy-consuming sectors. Within the industrial sector, many of the energy-intensive basic materials processing industries, which accounted for 70% of industrial energy use in OECD countries in 1979, experienced much larger relative energy price increases than the average for all industry. A measure of the relative economic impacts of high energy prices on different manufacturing activities is the ratio of energy costs to value added. In the United States this ratio in 1980 ranged from 15 to 76% for various basic materials processing sectors and subsectors, but averaged only 3% for other manufacturing activities (60).

Economic conditions thus provide a powerful motivation for seeking improvements in energy productivity. Fortunately, as in other sectors, there is a wide range of technical opportunities for making such improvements. It is useful to classify these opportunities as good housekeeping measures, fundamental process changes, product changes, and new energy conversion technologies.

Good housekeeping Improved management measures such as plugging leaks in and insulating steam lines or turning off energy supply systems when not in use have accounted for much of the energy savings in industry since the energy price increases. The potential for energy productivity improvements here are typically of the order of 10-20% at little or no capital cost.

Process innovation The objective of process innovation is not to reduce energy demand or minimize the cost of providing energy services but to minimize the total cost of production. The history of modern industry tells us that new processes for providing familiar products are most likely to overcome resistance to technical change and displace existing processes if they offer opportunities for simultaneous improvements in several factors of production—reduced labor, capital, materials, and energy requirements (61, 62). This has been such a powerful phenomenon that energy requirements have often been reduced in the process of technological innovation even during periods of declining energy prices.

New processes are continuously being developed. Important R&D areas from which industrial process innovations are likely to continue to emerge include powder metallurgy, plasma metallurgy, computer-assisted design and manufacturing, laser processing of chemicals, biotechnology, membrane separation technology, and the use of microwaves for localized rather than volumetric heating. Improvements in all such areas will make it possible to do

more with less—to produce more value added with lower inputs of production factors, including energy.

Consider steel. About five sixths of all steel production takes place in industrialized countries, where it accounts for a major fraction of all manufacturing energy use; e.g. one sixth in Sweden and one seventh in the United States. The theoretical minimum amount of energy required to produce a tonne of steel from iron ore is 7 GJ (63); and 0.7 GJ is required if steel is produced from scrap. At present, steel-making in Sweden and the United States is based on a 50-50 mix of iron ore and scrap, so that the thermodynamic minimum is about 3.9 GJ per tonne of raw steel. For comparison, the actual energy used to produce raw steel was 27 GJ per tonne in the United States in 1979 and 22 GJ per tonne in Sweden in 1976, where the evaluations are done on a comparable basis (6).

The potential for practical energy productivity increases in steel production is illustrated with iron-making processes now under development in Sweden—Plasmasmelt and Elred. In both cases, the objective is to reduce overall costs and reduce environmental problems: by using powdered ores (concentrates) directly, without agglomeration of the ore into sinter or pellets; by using ordinary steam coal instead of the much more costly coke; and by integrating what are now individual operations.

Energy requirements are 8.7 GJ/tonne (of which 4.2 GJ is electricity) for Plasmasmelt and 11.9 GJ/tonne (1.3 GJ electricity) for Elred (44). The Plasmasmelt process would be especially appealing in coal-poor, hydropower-rich countries, while in countries where electricity prices are high (e.g. the United States) it may be preferable to focus on less electricity-intensive processes like Elred or other iron-making processes that produce not hot molten metal but rather solid direct-reduced iron. Direct reduction processes convert iron ore in various forms into sponge iron at temperatures much below the melting point, using a variety of reductants other than metallurgical coke. Other promising advance processes that attempt to integrate now separate operations to save on capital, labor, and energy costs include continuous casting, direct steel-making, and dry steel-making (64).

The dry steel-making process, which yields a final product in powder form (and avoids melting), holds the promise of very low capital costs and suitability for small-scale operations, as well as major energy savings compared to conventional processes (64).

Product change Product design can lead to reduced energy use if it facilitates materials recycling; this is especially important for metals. Recycled steel requires only 35% as much energy to become finished steel relative to iron ore, and recycled aluminum less than 10% as much. Product design can also lead to reduced energy use if it extends product life—facilitating repair, remanufacture, and reuse.

Reducing product weight often leads to energy savings. But a shift to lightweight materials can increase manufacturing energy use, for example, when aluminum is substituted for steel in cars. But such increases are usually offset by much greater reductions in operational energy use, as would be the case with the Volvo LCP 2000 (54).

Some of the most exciting possibilities for energy-saving substitutions involve developing entirely new primary materials that may be more appropriate for the new era of high-cost energy. One candidate is a "super-cement" now under development.

Ordinary cement is a primary building material that can be made from commonplace resources—limestone, clays, and sands—and has a relatively low energy intensity; it takes 6 times as much energy to produce a cubic meter of polystyrene and 29 times as much to produce a cubic meter of stainless steel. It would seem desirable therefore to be able to substitute cement for such energy-intensive primary materials. The substitution possibilities are quite limited today, largely because cements tend to have low tensile strength and low fracture toughness. But recent research and development has led to the discovery of ways to improve cements dramatically in these respects (65).

The new super-cement is a macro-defect-free (MDF) cement, which differs from ordinary cement in that the pores in the cement are reduced from millimeter to micrometer size. This dramatically increases tensile strength and fracture toughness; super-cement can be made highly resistant to impact by reinforcement with fibers. These fibers can be inexpensive organic materials because cement is manufactured at low temperatures. Strips of fiber-reinforced MDF cement can be made pliable enough to bend like strips of metal (65).

New energy conversion technology While process and product change innovations often generate several-fold energy savings, the technologies involved tend to be of limited applicability. There are also energy savings opportu-

nities involving energy conversion devices, which typically yield smaller energy savings of 20-50% but which are important in aggregate because of their wide applicability throughout industry. The possibilities here include more insulation on furnaces, radiation reflectors, heat recovery devices, induction heating of metals, microwave heating, cogeneration (66), and better mechanical drive systems. To illustrate the possibilities here, we briefly discuss mechanical drive technology.

Mechanical drive accounts for a major share of industrial electricity use in industrialized nations. In both the United States and Sweden, for example, industrial motor drives accounted for about three fourths of total industrial electricity use. A study of mechanical drive systems in British light industry has shown that typically less than half of the input power to a plant is delivered to the tool tip, while about one third is lost in the gearboxes and in throttling (67).

Constant-speed, oversized motors are typically used to move gases, and the gas flow is regulated by baffles; similarly, throttling valves are used for controlling liquid flows. The matching of power demand to supply via throttling involves considerable energy waste. Alternating current variable speed drive (VSD) technology is an energy-efficient alternative of wide applicability to variable load situations involving pumps, compressors, fans, etc. One estimate is that it would be economical to associate half of alternating-current motor use in the United States with VSD controls by 1990, with an average savings of 30% for the motors affected (68). Paybacks of 1-3 years are possible in a wide variety of applications. Due to improvements in solid state technology, reliability of VSD devices has improved in recent years, and costs have tumbled—trends that can be expected to continue.

Developing Countries

THE MODERN SECTOR Most of the opportunities for more efficient energy use relevant to industrialized countries are relevant to the modern sectors of developing countries as well—in buildings (except for space heating, which is not needed in most areas), transportation, and industry. Such opportunities may often be even more attractive to developing countries, for the following reasons.

First, capital generally tends to be scarcer in developing countries.

While energy-efficiency improvements usually require increased investment at the point of end use, the required investments are often less than the investments in an equivalent amount of new energy supply that would be used with less efficient end-use equipment, so that total capital requirements for the energy system as a whole would typically be reduced by investments in energy efficiency. For example, in Sao Paulo State in Brazil, the total life-cycle (50-year) cost of delivering 1 kW of baseload electricity from a new hydro-electric facility to an industrial customer is \$3250, while the corresponding life-cycle cost of saving a kW by installing variable-speed drives for industrial motors (25% electricity savings) is \$900-1800 per kW, assuming a 10% discount rate in both cases (7).

Second, the severe strain on export earnings in developing countries caused by oil import bills provides a powerful incentive to reduce oil import requirements and thereby become more self-reliant. Energy-efficiency improvement (e.g. for cars and trucks) can be an especially cost-effective way of doing this.

Third, the potential for major growth in energy-intensive activities (e.g. the processing of basic materials) is a condition conducive to major process and product innovations. In the new era of high-cost energy, technologies introduced to reduce total cost will often be far more energy efficient than the corresponding technologies now in place in industrialized countries, most of which were introduced in the era of low-cost energy. Because of saturated markets and thus a less favorable climate for innovation in the stagnating basic materials processing industries of industrialized countries, it could turn out that in some areas major industrial innovations will take place first in developing countries. The successful Brazilian programs (a) to shift cars from gasoline to ethanol derived from sugar cane (68a) and (b) to produce high-quality steels using charcoal derived from eucalyptus instead of coal, prove that such technological leaps forward are possible.

THE TRADITIONAL SECTOR There are also major opportunities for energy-efficiency improvements in the traditional sector, where fuelwood and other forms of biomass dominate energy use, mainly for cooking. The inefficiency of present woodstoves is highlighted by comparing the energy use in fuelwood stoves (used mainly for cooking) in developing countries today—some 0.25-0.6 kW per capita (0.4-1 tonne of wood per capita per year (69)—with the corresponding rate of using liquefied petroleum gas (LPG) or natural

gas for cooking in developing countries, and in industrialized market economies as well, typically some 0.05 kW (Figure 7).

While as recently as 1983 only marginal gains were being made in stove efficiency improvement programs (70), recent successes in applying scientific principles of heat transfer and combustion to stove design, combined with standardized testing methods and production techniques, have made it possible to introduce a variety of high-efficiency, low-cost wood cooking stoves that appeal to users in a wide range of cultural contexts. With such stoves fuel requirements for cooking can be reduced by one third to one half, and the fuel savings are complemented by other important benefits such as reduced cooking time and reduced labor requirements for fuelwood gathering (71, 72).

Looking ahead, further improvements would be feasible if gaseous energy carriers (LPG, natural gas, biogas, or producer gas) were made available for cooking, as simple gas stoves can be 50% efficient, while even the most efficient wood stoves that have been made have efficiencies of only 30-40%. Still further improvements would be possible via the use of advanced 70%-efficient gas stoves that have been developed recently (73).

All such opportunities could free biomass resources for other purposes (74), such as energy for transport, agriculture, and rural industry.

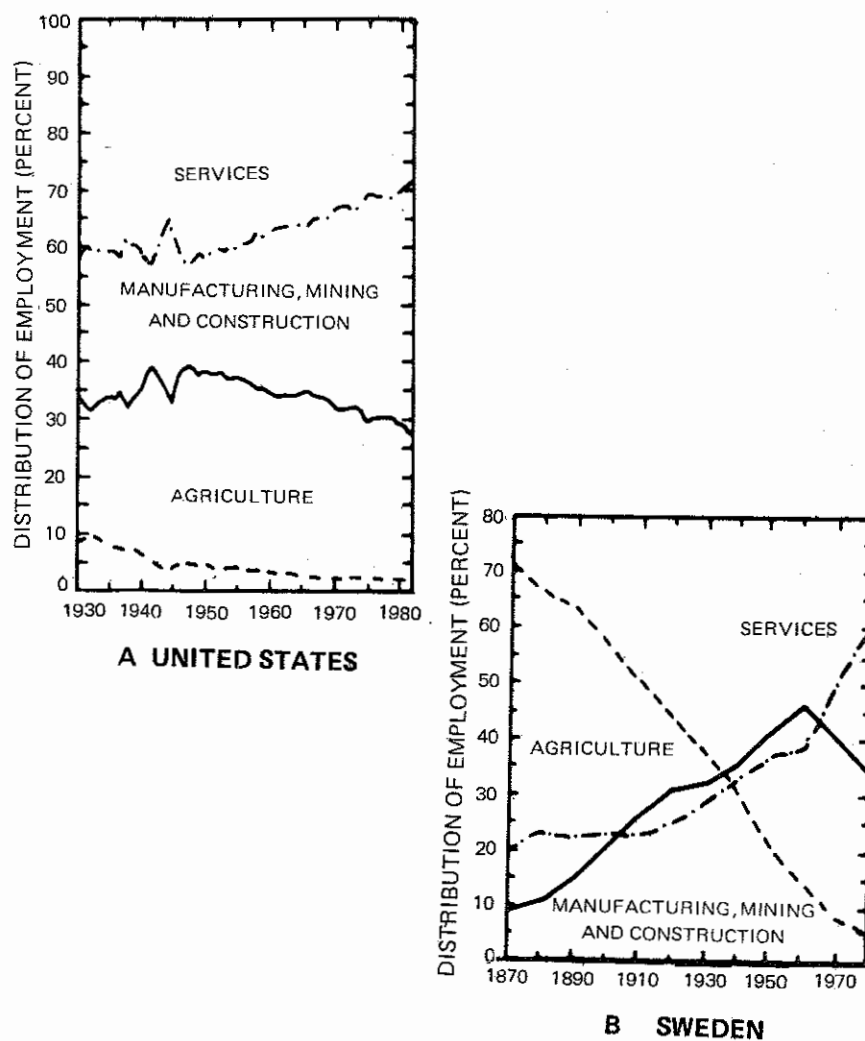


FIGURE 3

Sectorial distribution of employment in (A) the United States and (B) Sweden. For the United States the employment measure is the number of full-time equivalent employees. For Sweden it is number of employees working more than half time.

A (The U. S. 1978)

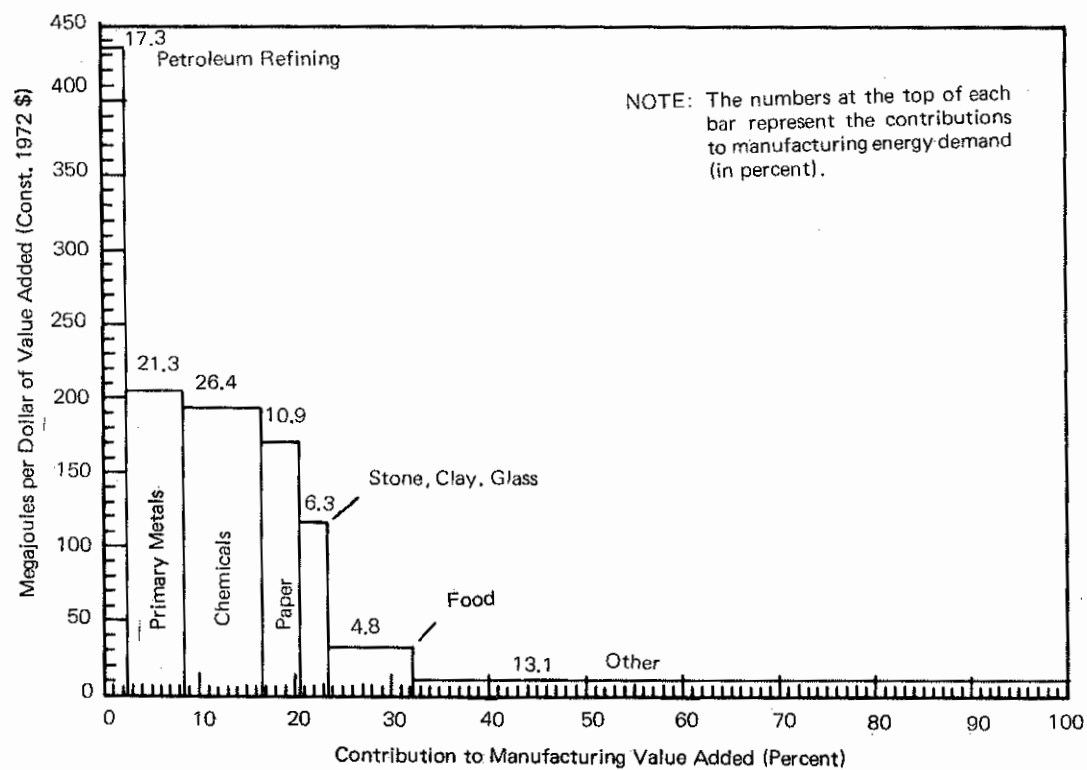
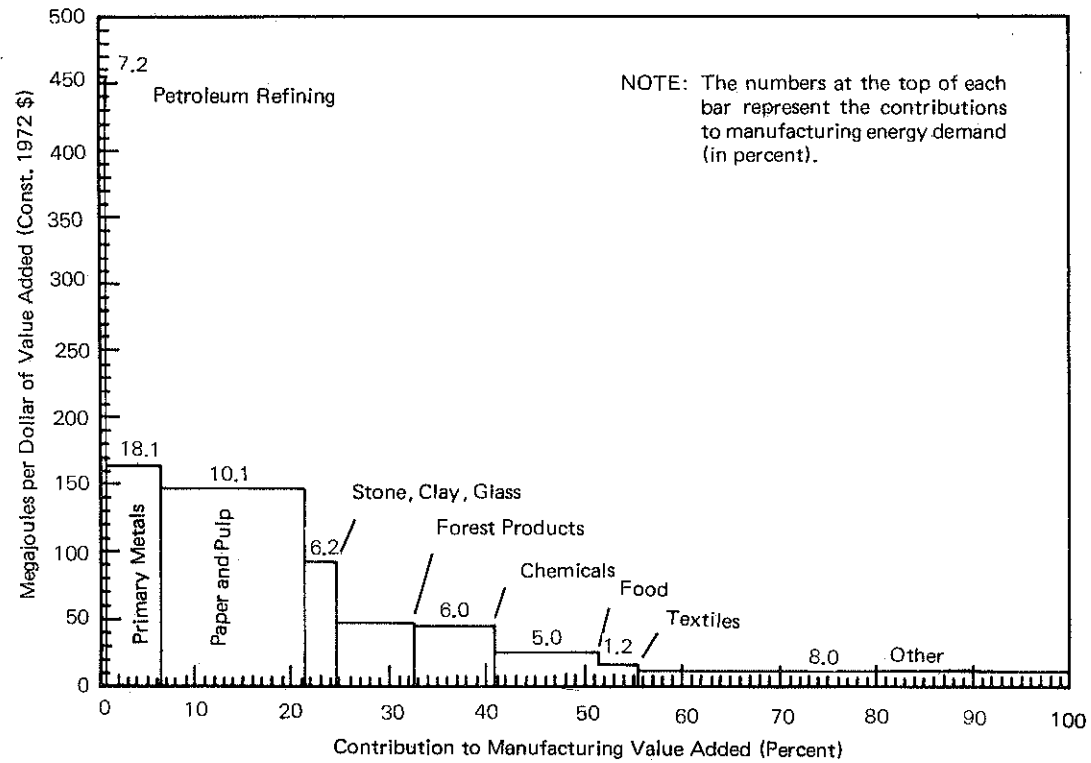


FIGURE 4

Final energy intensity vs manufacturing value added in 1978 for (A) the United States and (B) Sweden.

B (Sweden, 1978)



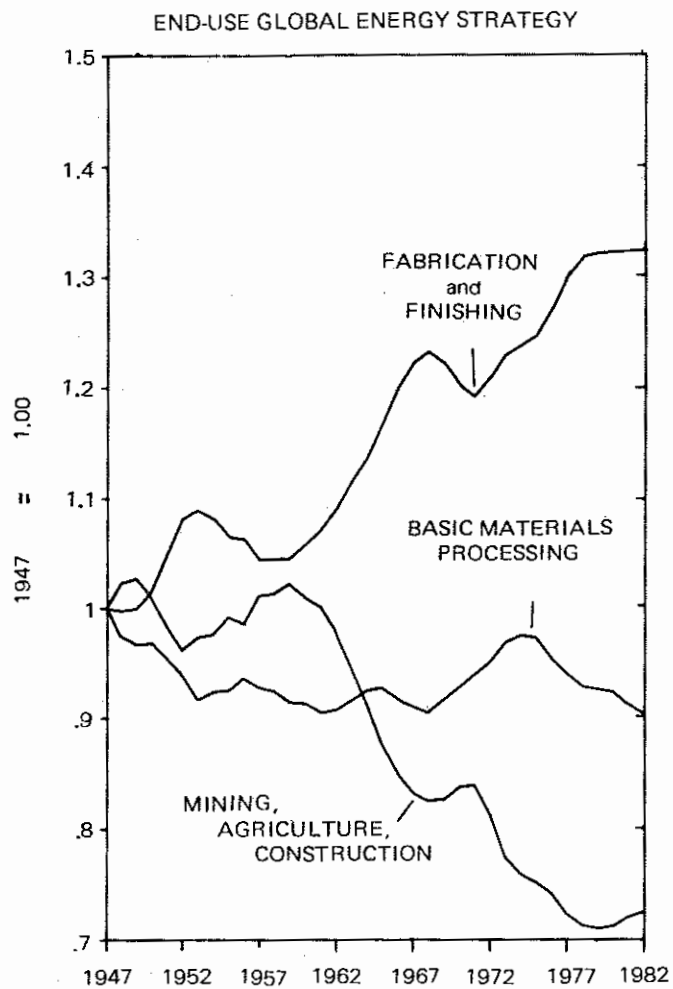


FIGURE 5

Trends for the United States in the mix of industrial output (gross product originating) for mining, agriculture, and construction; the basic material processing subsector of manufacturing; and the fabrication and finishing subsector of manufacturing, all relative to total industrial output.

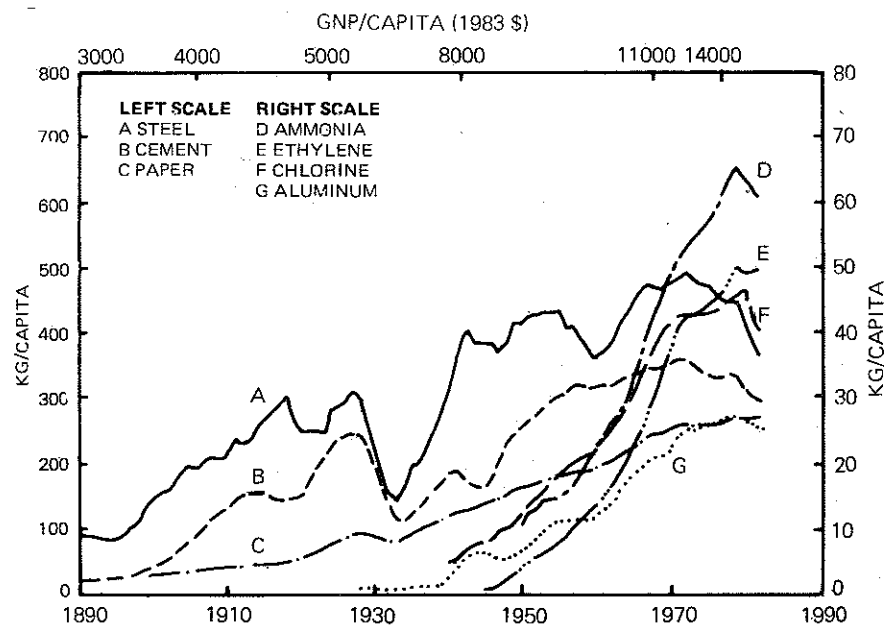


FIGURE 6

Basic materials use in the United States. From (45). The data are five-year running averages for apparent consumption (production plus net imports, corrected for stock changes).

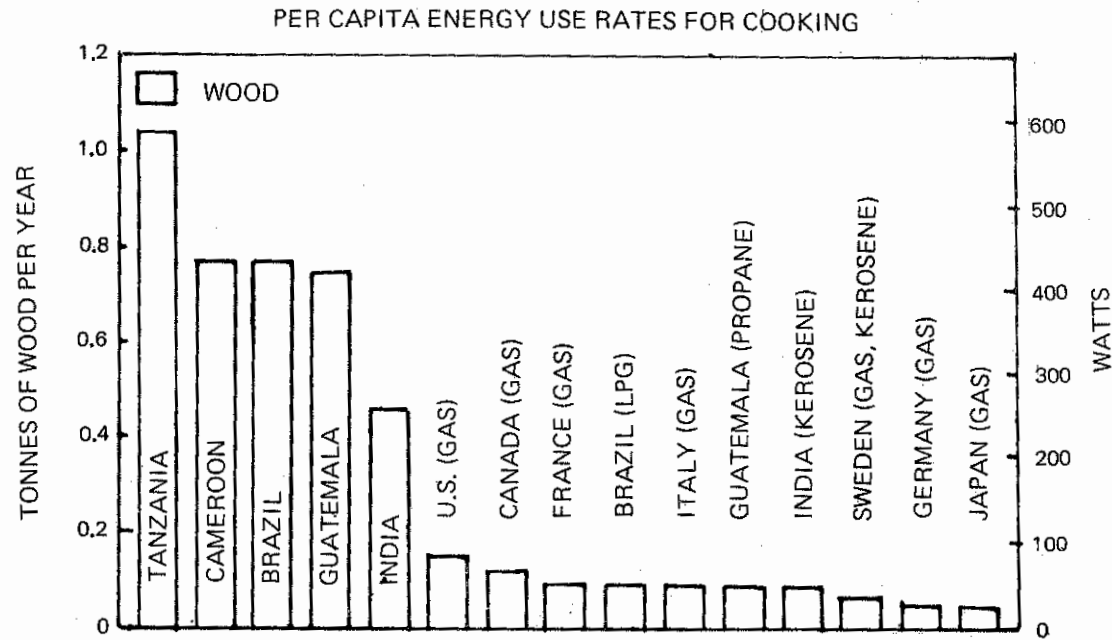


FIGURE 7

TABLE No. 2

Space heat requirements in single-family dwellings (kJ per m² per degree-day)^a

United States

Average, housing stock ^b	160
New (1980) construction ^c	100
Mean measured value for 97 houses in Minnesota's Energy Efficient Housing Demonstration Program ^b	51
Mean measured value for 9 houses built in Eugene, Oregon ^d	48
Calculated value for Northern Energy Home in New York City area ^e	15

Sweden

Average, housing stock ^f	135
Homes built to conform to the 1975 Swedish Building Code ^g	65
Mean measured value for 39 houses built in Skane, Sweden ^h	36
Measured value, house of Mats Wolgast, in Sweden ⁱ	18
Calculated value for alternative versions of the prefabricated house sold by Faluhus ^j	
Version No. 1	83
Version No. 2	17

a The required output of the space heating system (i.e. heat losses less internal heat gains) per unit floor area per heating degree-C-day (base 18°C).

b See (27).

c As reported by the National Association of Home Builders (94).

d See (94).

e The Northern Energy Home (NEH) is a super-insulated home design sold in New England and based on modular construction techniques with factory-built wall and ceiling sections mounted on a post and beam frame. The energy performance was estimated using the Computerized Instrumented Residential Audit computer program (CIRA) (personal communication from D. Macmilland of the American Council for an Energy Efficient Economy, Washington, DC). The house has 120 m² of floor area; triple glazed windows with night shutters; 20 cm (23 cm) of polystyrene insulation in the walls (ceiling); 0.15 ACH natural ventilation plus 0.35 ACH forced ventilation via 70% efficient air-to-air heat exchanger; and an internal heat load of 0.65 kW. The indoor temperature is assumed to be 21°C in the daytime, set back to 18°C at night.

f In 1980 the average values for fuel consumption, floor area, and heating degree-days were 98.5 GJ, 120 m², and 4474 degree-days respectively, for oil-heated single family dwellings (95). To convert fuel use to net heating requirements, a furnace efficiency, of 66% is assumed.

g. According to (95), and assuming a single-story house with 130 m² floor area, no basement, electric resistance heat, an indoor temperature of 21°C, and 4010 degree-C-days.

The average for 39 identical, 4 bedroom, semidetached houses (112m² of floor area; 3300 degree-days).

The Wolgast house has 130 m² of heated floor space, 27 cm (45 cm) of mineral wool insulation in the walls (ceiling), quadruple glazing, low natural ventilation plus forced ventilation via air preheated in ground channels. Heat from the exhaust air is recovered via a heat exchanger. For 3800 degree-days. See (44).

The Faluhus has a floor area of 112m². The more energy-efficient Version No. 2 (with extra insulation and heat recuperation) costs 3970 Swedish kronor (Skr) (\$516) per m² compared to 3750 Skr (\$488) per m² for Version No. 1. The electricity savings for the more efficient house would be 8960 kWh per year. The cost of saved energy (assuming a 6% discount rate and a 30-year life for the extra investment) would be 0,20 Skr per kWh (US\$0,026 per kWh). For comparison, electricity rates for residential consumers in Sweden consist of a large fixed cost independent of consumption level (about 1200 Skr (\$156) per year) plus a variable cost of 0,25 Skr per kWh (\$0,032 per kWh).

TABLE 3

All electric, 4 person, households
with the most efficient
technology available in
1982-1983^d

Average households at present

End use	United States (1980) ^a	Sweden (1978-1982) ^{b,c}	United States	Sweden ^b
Space heat	890	900	60 e	65 f
Air conditioning	46	—	65 g	—
Hot water	280	180	43 b	110 i
Refrigerator	79	17	25	8
Freezer	23	26	21	17
Stove	62	26	21	16
Lighting	41	30	18 j	9 j
Other	80	63	75	41
Total	1501	1242	328	266

a The total consists of 24% electricity and 76% fuel.

b For details, see (49).

c This total consists of 28% electricity and 72% fuel. 50% of the electricity is for appliances and 50% is for heating purposes.

d With 100% saturation for the indicated appliances, plus dishwasher, clothes washer, and clothes dryer.

e For the average-sized, detached, single-family house (150 m² of floor space); and average US climate (2600 degree-C-days); a net heating requirement of 50 KJ/m²/degree-day (Table 2), and a heat pump with a seasonal average COP of 2.6 (that of the most efficient air-to-air unit available in 1982).

f For a Faluhus (Table 2) in a Stockholm climate (3810 degree-C-days). This house uses a heat exchanger to transfer heat from the exhaust air stream to the incoming fresh air.

g For the average cooling load in air-conditioned houses in the United States (27 GJ per year) and a COP of 3.3 (the COP on the cooling cycle for the most efficient heat pump available in 1982).

h For 59 liters of hot water (at 49°C) per capita per day (corresponding to 910 kWh/year/capita) and the most efficient (COP = 2.2) heat pump water heater available in 1982.

i Per capita hot water energy use is assumed to be 1000 kWh per year, provided by a resistance heater. Ambient air-to-water heat pumps are not competitive at the low Swedish electricity prices.

j Savings are achieved by replacing incandescent bulbs by compact fluorescent bulbs having an efficacy four times as large.

TABLE 4

Site energy intensity factors for commercial buildings (GJ per m² per year)

	Fuel use	Electricity Use	Total
United States			
Average 1979 building stock ^a	0.82	0.49	1.31
Current US practice ^b	0.16	0.57	0.73
Am. Inst. Architects (AIA) Res. Corp. redesigns ^b	0.07	0.40	0.47
AIA life-cycle cost minimum designs ^b	0.04	0.28	0.32
Enerplex South, Princeton, MJC	—	0.31	0.31
Sweden			
Average 1982 building stock ^d	0.66	0.38	1.04
Swedish norm for new construction ^b	0.57	0.19	0.76
Folksam Building, Farsta ^e	0.07	0.39	0.46
Harnosand Building, Harnosand ^f	0.12	0.13	0.25

a For an average of 2700 heating degree-C-days. See (51).

b Table 1.12 (p. 39) and Figure 1.61 (p. 156) in (52).

c For 2700 heating degree-C-days. Calculated, not measured values. See (96).

d Consumption corrected to normal weather (4010 heating degree-C-days). (Personal communication from L.-G. Carlsson, Natl. Energy Admin., Sweden, 1984).

e Measured values for the representative period Dec. 1978 to Dec. 1979 (3810 heating degree-C-days). "Fuel consumption" is the energy actually delivered by the district heating system (97).

f Measured values for 4600 heating degree-C-days. (Personal communication from K-Konsult, a Swedish architect-engineering consulting firm, 1984).

TABLE 5

Fuel economy for 4-passenger automobiles^a

	Status	Fuel economy (liters/100 km (mpg))	Engine Power (kW)	Curb weight (kg) —	Drag coefficient
1981 Volkswagen Rabbit (gasoline)	commercial	7.9 (30)	55	945	0.42
1981 Volkswagen Rabbit (diesel)	commercial	5.3 (45)	39	945	0.42
Honda City Car (gasoline)	commercial	5.0 (47)	46	655	0.40
Volkswagen Experimental Car 2000 ^b	prototype	3.8 (62)	33	786	0.25
Volvo LCP 2000 ^c	prototype	3.6 (65)	66	707	0.27
Volvo LCP (potential) ^d	design	2.75 (85)	—	—	—
Cummins/NASA Lewis Car ^e	design	3.0 (79)	51	1360	—
Pertran Car (diesel version) ^f	design	2.2-2.4 (100-105)	—	545	0.25

a The 1978 world average automobile fuel economy was 13 liters per 100 km (18 mpg).

b 3-cylinder, direct injection, turbocharged diesel engine; more interior space than Rabbit; engine off during idle and coast (98).

c 2-passenger + cargo or 4-passenger; 3-cylinder, heat-insulated, direct-injection, turbocharged engine with multifuel capability (54).

d The Volvo LCP 2000 plus CVT and engine off during idle and coast features. (Personal communication to Frank von Hippel from Rolf Melde, Volvo Car Corporation, Goeteborg, Sweden, 1985).

e 4-5 passenger; 4-cylinder, direct-injection, spark-assisted, multifuel capable, adiabatic diesel with turbo-compounding; 1984 model Ford Tempo body (56).

f Prechamber diesel engine with supercharger; CVT; flywheel for energy storage in braking (99).

REGIONAL POLICY FOR RATIONAL USE OF ENERGY*

Marcio Nunes¹⁾

AN APPARENT CONTRADICTION

Many of the people responsible for energy planning in developing countries may, at some time, have asked themselves the following question: "Why reduce energy consumption if what my country needs is to consume more energy?"

This question obviously calls for a difficult and complex answer since, on the one hand, developing countries have to attempt to achieve a more adequate and rational evolution of the various consumption sectors and, on the other hand, they live immersed in a reality in which, in many cases, their rural or marginal-urban populations consume ten times less energy than an inhabitant of the developed world under similar climatic conditions.

To this apparent contradiction must be added a series of constraints of a political, economic, social and cultural nature which inhibit and/or hinder the development of programs to conserve energy or to increase the national energy supply, thus making the problems even more complicated. From this standpoint, the solution to the problem can only be found through coherent national energy planning in line with the reality of the country.

ENERGY PLANNING AND OLADE

With few exceptions, energy planning in the countries of Latin Ameri-

* Paper presented at the Seminar-Workshop on Rational Use of Energy: An End-Use-Oriented Strategy

1) Executive Secretary of the Latin American Energy Organization.

ca began only a few years ago, within the framework of a process to which OLADE has been closely tied.

Thanks to initial efforts made by the United Nations Organization, with the Energy Program for the Central American Isthmus (PEICA), and later with the participation of OLADE in expanding these efforts to all of Latin America through a program of methodology development and technical assistance, by 1981 there were energy balances for 22 countries of the region.

In implementing this program, use was made of the experience already gained by some countries in Latin America, in order to develop a methodology presenting the minimum amount of information necessary for the authorities of the official energy sector to be able to support the decision-making process in the area of energy policy, particularly with regard to rational use of energy.

On the basis of this program, for the first time ever it was possible to have an overview of the Latin American energy sector and, thus, to structure some priority studies which have been underway in the region with respect to energy planning and development of native energy sources.

Far from being concluded, this activity is in full swing, a new version of the energy balances document having been finished this year, with updated historical time series to 1983, for 25 countries.

This positive response from the countries has made it possible to initiate the preparation of a methodology drawn up with a useful-energy approach. This will permit knowledge about the different consumption sectors, forms of energy and end-uses in terms of useful energy.

In a region as extensive as Latin America there are necessarily sharp contrasts among the countries, particularly as a function of their natural resource endowment and respective degrees of development. It is for this reason that implementation of any program must be gradual, because it is no easy task to overcome obstacles jointly.

The Ministers of Energy of Latin America meet annually in the forum provided them by OLADE, with the conviction that the region must have sustained and integral economic development. It is worthless to identify focal

ports of industrialization in a country, sometimes with sophisticated industries in specialized branches, if in the same country there are areas of extreme poverty, with per capita levels of income and standards of living below the acceptable limits for human existence with dignity.

FUTURE RESOURCE SUPPLY AND DEMAND

With the program of energy balances now implemented and fully underway in Latin America, another task —more complicated, but equally necessary— is currently being started: i.e., determination of what the energy sector needs of our countries will be over the next two decades.

This study, which to date covers nine countries, also includes aspects related to investment needs, technologies, services and products, and opportunities for conservation and substitution of energy.

The structure of supply in the Latin American energy sector will undergo significant changes before the year 2000. However, by the end of the century the new sources of energy will not manage to represent 10 percent of the energy supply, as had been estimated in studies done by OLADE and the United Nations at the beginning of this decade.

It is felt that the developing countries will keep their energy supply mixes composed primarily of hydrocarbons, biomass (especially firewood), hydroelectricity and, less intensively, coal and nuclear energy for electric power generation, as can be discerned from the energy resource assessment which OLADE has been carrying out.

With this panorama of supply possibilities, and with the demand that is being established for each country on the basis of the study of energy sector needs to the year 2000, later efforts should concentrate on the formulation of more suitable projects for energy sector development.

According to OLADE estimates, from the perspective of energy supply alone, between 1985 and the year 2000 the 26 member countries of the Organization would require investments on the order of US\$ 500 billion, in which the systems of energy production and transportation would have absolute pre-eminence.

RATIONAL USE OF ENERGY

Given the magnitude of this figure and the difficulty of obtaining new financial resources which characterizes most of the Latin American countries —facts which will quite possibly continue to represent a severe limitation in the medium term— it becomes imperative to take rational use of energy into consideration within energy planning schemes, since it has been shown to play a major role, not only due to the benefits which may be attained in the short and medium terms through its implementation, but also due to the considerable reduction that could occur in investment requirements for the total energy supply.

In addition to treating rational use of energy as one element of energy demand analysis, specifically in terms of conservation and substitution, OLADE considers it an important instrument of energy policy, alongside other relevant elements such as technological development, participation of national industry and manpower training.

Rational use of energy, considered in this light, will permit the OLADE Member States to adopt policies that will aid in providing incentives through specific laws, lines of credit, fiscal incentives, domestic prices and other mechanisms, and in formulating specific programs for energy conservation and substitution.

The Permanent Secretariat of OLADE is developing a series of activities in the framework of its program for rational use of energy, for the purpose of gaining insight into the experience acquired by the member countries in the different consumption sectors and for promoting horizontal cooperation and transfer of technology in this field.

An analysis of the energy balances of the 26 member countries indicates that it is in the residential, transportation and industrial sectors that Latin America's energy consumption is concentrated, and it is in these that priority efforts are being made for the implementation of policies for rational use of energy.

Another problem which merits reflection is the one referring to the regional attitude that should be assumed with respect to technological problems. To what extent can an investment policy oriented to acquisition of a

national technology be valid if it proves more financially burdensome for the country than one which has been adapted from abroad and if it could also entail a negative energy impact through a larger energy consumption?

A consideration of this type would apparently be questioning some of the basic principles of national energy policies valid for any of the Third World countries, i.e., independent, sustained development and rationalization of the use of resources.

Despite the aforesaid, the developing countries can undertake a serious study of the possibilities for complementation and integration of their technological advances through horizontal cooperation, for the purpose of reducing the degree of their extra-regional dependence and their disbursements in foreign exchange, while analyzing the possibilities for initiating joint ventures in the manufacture of goods and the development of technological packages that can be disaggregated among the countries of the region.

OLADE views the unfolding of this problem with much concern, since the Organization is fully aware that this is a subject beyond simply the realm of the sector itself, and one which could have positive repercussions for the regional economy as a whole.

CONCLUSION

As a point of reflection for the planners in Latin America, two aspects should be considered in the elaboration of plans for energy development and rationalization.

One is the need to analyze carefully the impact of applying policies for rational use of energy within an integrated national energy plan, to be made compatible with the country's overall development plan, in terms of macroeconomic variables and global policies. The second is related to the need to intensify efforts in order to eliminate the inequalities which, in terms of quality of life, are being accentuated not only among countries but also within these.

To accept the share of responsibility that corresponds to the energy sector implies a challenge that obliges us to work and cooperate with a Latin Americanist spirit which will sometimes find itself floundering in the course

of coming years but out of which we can only emerge stronger, to the extent that we have courage, determination and imagination enough to convert into concrete realities the aspirations of interdependence and integration at the regional level.