

300617
5
2 ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

CELDA FOTOVOLTAICAS APLICADAS A UN TABLERO ELECTRONICO DE INFORMES

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA ELECTRONICA

P R E S E N T A :

GUILLERMO ARTURO PASCOE LAMARCA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

PROLOGO.....	I
CAPITULO I.	
Introducción.....	2
Análisis Histórico	8
Quinta Crisis: Se agota el Petróleo.....	12
CAPITULO II.	
Las Celdas Fotovoltáicas.....	26
Pensamiento Humano.....	44
Expectancia.....	56
Expectancias del Futuro y Justificación de las Experiencias.....	61
CAPITULO III.	
Luz Solar: Distribución Espectral o Energética..	64
Efectos Fotovoltáicos.....	67
Dirección Preferencial del Movimiento de los Portadores de Carga Eléctrica.....	74
Celda Solar.....	79
Respuesta Espectral.....	83
Ley que gobierna la Potencia Entregada por La Celda Solar.....	87
Dependencia de la Fotocorriente y el fotovoltaje con la Intensidad Luminosa.....	92
Alimentación Solar.....	94
CAPITULO IV.	
Microcomputador del Tablero Electrónico de Informes.....	105

El Microcomputador.....107

CAPITULO V.

Display del Tablero de Informes.....116

Leds.....116

Cristal de Cuarzo.....119

CAPITULO VI.

Diagrama de Bloques de Todo el Conjunto.....127

Conclusiones.....133

Bibliografía.....135

PROLOGO

El objetivo de esta tesis es demostrar que es posible hacer funcionar instrumentos y/o aparatos, mediante el uso de la Energía Solar, así como también el adelanto tecnológico de las celdas fotovoltaicas y la amplia aplicación que tienen, y que pueden tener.

El aprovechamiento de la energía solar se remonta a los mismos orígenes del Hombre, quien la usaba para calentarse, iluminarse, secar su cuerpo, alimento y vestido. Posteriormente, conforme fueron creciendo sus necesidades, la usó para orientarse. En fin, si fuéramos desglosando cada una de las etapas por las cuales pasó el Hombre, encontraremos que después el Sol fue considerado como un dios en muchas culturas. Se le observó, se le estudió para poder obtener energía eléctrica de él, y así podríamos ir mencionando en cada etapa del Hombre nuevos descubrimientos que fueron originando el estudio y aprovechamiento más a fondo de nuestro Astro Rey.

Actualmente, y a partir de 1935, el sol tiene otro objetivo en la vida del hombre: ser el máximo proveedor de energía a la tierra, no tanto calorífica sino motriz, eléctrica, etc.

El buscar elementos que sustituyan al petróleo, (por los motivos que se explicarán durante el desarrollo de esta tesis), ha llevado a los investigadores a buscar nuevas fuentes de energía que puedan ayudar a solventar la situación actual.

El uso del Sol para estos fines, cada día va siendo más necesario, debido a los nuevos métodos que se están empleando para la concentración y aprovechamiento del calor, y su transformación en energía de otro tipo.

El agotamiento y alto costo del petróleo ha provocado una serie de problemas en cuanto a lo que es el uso de energéticos, y no debemos dejar que ocasione problemas más serios que puedan llegar a originar conflagraciones.

A lo largo de este trabajo se podrá observar cómo esta situación ya se había presentado en nuestro planeta, y cómo el Hombre tuvo que afrontarla y resolverla.

El tablero de informes, del cual hacemos referencia, es un tablero electrónico para enseñar información cambiante, mediante un microcomputador. El hecho de seleccionarlo para este trabajo, fue por demostrar una de tantas aplicaciones de las celdas solares.

El cristal líquido, utilizado ya desde hace mucho tiempo, vino a encontrar su verdadera aplicación, con el uso de la celda solar; ello es debido a que ésta última tiene todavía algunas limitantes en cuanto a la entrega de corrientes y voltajes.

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

Desde hace varios años la humanidad viene afrontando una crisis de energéticos, ya que las reservas petroleras se han venido agotando rápidamente.

No es la primera vez que los seres humanos tienen que enfrentar el agotamiento de energéticos. En su historia se han visto frente a cuatro crisis del mismo tipo. Esta es la quinta que la humanidad tendrá que resolver, las otras cuatro las solucionó, como veremos, en forma altamente exitosa y no existe en el momento histórico actual, ninguna razón que haga dudar de su capacidad para afrontar y resolver esta quinta crisis.

Las cuatro crisis de energéticos resueltas han sido las siguientes:

- CRISIS No. 1: Se agota la caza
- CRISIS No. 2: Se agotan los esclavos
- CRISIS No. 3: Se agota la madera
- CRISIS No. 4: Se agotan las ballenas.

La crisis pendiente de solución es:

- CRISIS No. 5: Se agota el petróleo.

En cada caso existió una solución, pero nada sencilla y, a largo plazo.

"Crisis" y "agotamiento" en el caso de los energéticos, no son términos económicos. Ambos son distorsiones causadas por el único factor suficientemente grande y poderoso para

para desquebrajar la organización social, política y económica del sistema que usa el energético en crisis.

Los agotamientos de animales de caza, esclavos, madera y ballenas dieron ímpetu a avances tecnológicos que han alterado el curso de la Historia. En cada caso, el mundo nunca volvió a ser el mismo y el estándar de vida avanzó en saltos gigantescos.

En los momentos históricos del cambio brindado por la solución, la gente tuvo que enfrentar nuevas realidades y ajustarse a los vastos campos de oportunidad brindados por las nuevas tecnologías, creando siempre nuevos órdenes sociales.

Un panorama genérico de lo acaecido en las primeras cuatro crisis de energéticos y las consecuencias de sus soluciones, se muestra a continuación.

CRISIS DE ENERGETICOS:

PREHISTORIA:

PRIMERA: Se agota la caza.
CONSECUENCIA: Se desarrolla la agricultura, surgen las ciudades y nacen las culturas.

IMPERIO ROMANO:

SEGUNDA: Se agotan las fuentes de esclavos.
CONSECUENCIA: Se desarrolla la mecánica hidráulica y el aprovechamiento energético del agua y sus consecuencias secundarias:
- Control de avenidas
- Sistemas de irrigación

- Conducción y distribución
- Represas y presas
- Bombas y ruedas hidráulicas, etc.

FINALES DEL RENACIMIENTO (Siglos XVII y XVIII)

TERCERA: Se agota la madera.

CONSECUENCIA: Se desarrolla la explotación del carbón que origina los siguientes avances técnicos:

- Minería de explotación profunda
- Mejoramiento de refinamientos metalúrgicos.
- Producción económica de aceros más utilizables.
- Sustitución de maquinaria de madera y fibras suaves por sistemas mecánicos y metálicos.
- Primera Revolución Industrial.

PRINCIPIOS DEL SIGLO XIX

CUARTA: Se agotan las ballenas

CONSECUENCIA: Se desarrolla la explotación y refinación del petróleo, lo que trae como consecuencia:

- desplazamiento del carbón como energético.
- Creación de motores de explosión.
- Creación del automóvil y vehículos de todas clases.
- Desarrollo de las actividades aeroespaciales.

- Producción de energía eléctrica económica en cualquier lugar geográfico de la tierra.
- Desarrollo de la industria Química.
- Nuestro actual modo de vida.

EJEMPLOS ILUSTRATIVOS:

Medidas que el "Poder Público" tomó para afrontar las crisis, con la intención de minimizar sus efectos y que precipitaron su final.

PRIMERA CRISIS: Se agota la caza.

Se crearon las reservaciones, que dejaron sin oportunidad de cacería casi instantáneamente a mayor número de seres humanos para los cuales la medida tuvo efecto de agotamiento fatal.

SEGUNDA CRISIS: Se agotan los esclavos.

El incremento de precios que toda escasez trae consigo, originó una serie de medidas restrictivas de los mismos, en los mercados de esclavos, que culminó con la famosa ley de Deocleciano (S.III) que decretaba pena de muerte a las violaciones del "Precio Oficial". Lógicamente ésto terminó por completo en las ofertas en los mercados de esclavos y los mercados "negros" regionales, enfrentándose a una situación de agotamiento total.

TERCERA CRISIS: Se agota la madera.

Un perfecto ejemplo de burocratismo se da en Inglaterra con la promulgación de las leyes de "Conservación de la Energía" de 1593 y 1615. En una de las medidas, se ordenaba

que toda edificación debería ser construida con madera para evitar el consumo de ladrillo en ellas. Producir ladrillos requeridos para ello, consumía una cantidad de madera mayor que la necesaria para la construcción. Esta y otras medidas similares aceleraron el proceso de agotamiento. Es importante hacer notar el hecho de que Irlanda se convirtió en la única fuente de abastecimiento para Inglaterra y su actuación frente a la política de precios fue idéntica a la actual de la OPEP respecto a los países no productores de petróleo; en un período de treinta años, el precio de la madera en Inglaterra se multiplicó por 15, lo que desde luego, sacó fuera del poder de su utilización a grandes núcleos de consumidores, lo que dio impulso inesperado al consumo del carbón mineral considerado hasta entonces como "noble", "maligno", "nocivo", etc.

CUARTA CRISIS: Se agotan las ballenas.

Esta fue sólo una crisis de energéticos menor, ya que el aceite de ballena y el esperma sólo lo utilizaban para la iluminación.

El desarrollo de esta crisis en el siglo XIX, en el pleno auge del libre capitalismo de los países avanzados, no tuvo injerencias del "Poder Público", de consecuencias. Es interesante observar su desarrollo por las incidencias que el incremento del precio creó en la industria ballenera. Los precios se incrementaron en dólares de \$0.23 el galón a \$2.51 galón en 1866. Los siguientes hechos ocurrieron en la industria.

Se crearon grandes empresas multimillonarias operado-

ras de flotas dotadas de barcos para todos los servicios, inclusive con plantas procesadoras a bordo. Esto les permitió operar en los lugares más alejados; en los casquetes polares, donde las ballenas trataran de resguardarse en búsqueda de su supervivencia (similar a las exploraciones y explotaciones de petróleo, en los lugares alejados de grandes centros de consumo).

Se diseñaron procesos muy sofisticados que permitieron manipular los restos de las ballenas para lograr el máximo de aceite. (Equivalente a las recuperaciones secundarias y terciarias que utiliza hoy la industria petrolera en el aprovechamiento de pozos agotados en explotación primaria).

En 1859, cuando el precio era de sólo \$1.36 dólares/galón, Edwin Drake buscó en Pensilvania petróleo y lo descubrió muy superficial en Titusville, Penn. En 1867 se instaló la primera refinería para producir KEROSEN, el cual sustituyó a los aceites de esperma y de ballena en el alumbrado, tan eficientemente que en 1888 el precio del galón de esperma era de sólo \$0.40 de dólar. Desde luego, hubo un derrumbamiento de la industria ballenera y la eventual salvación de la total extinción de la especie.

ANALISIS HISTORICO

Las crisis de energéticos que ha sobrevivido la humanidad, se han caracterizado por las siguientes incidencias comunes en todas ellas.

1. Durante la abundancia del energético se estabilizan sistemas de vida cuya organización social, política y económica se fundamentan sobre el consumo del energético en abundancia.

2. Al inicio de la crisis, caracterizado por un exceso de demanda sobre la oferta, el sistema de precios se descompensa, lo que acarrea el desequilibrio general del sistema económico, con las consecuencias inherentes de carácter socio-político que lleva consigo.

3. El "Poder Público" interviene tratando de restablecer las condiciones existentes antes de la crisis, pero estas intervenciones siempre violan las leyes de la cibernética y el sistema responde rápidamente, precipitando el resultado previsible desde su iniciación: el agotamiento del energético.

4. Como la cuarta crisis (El agotamiento de las ballenas) no era de carácter general y por lo mismo, su influencia en el sistema socio-político no era de gran magnitud, el "Poder Público" no intervino, y el cambio económico provocado por la crisis fue suficiente para la respuesta cibernética de auto-control de todo el sistema, antes de que sobreviniera el agotamiento total del energético.

5. La solución de cada una de estas crisis confrontadas, ha tenido como consecuencia grandes avances tecnológicos y mejores sistemas de vida para el ser humano. A pesar de que todos los energéticos eran productos renovables, su renovación eventual no regresó al estado del sistema a su antigua posición.

6. En todos los casos hubo hombres previsores, a los que llamaremos especuladores que se anticipan a los desenlaces previsibles y tomaron posturas dentro de las áreas de decisión y sustitución del energético en procesos de agotamiento. La sustitución de influencia, fue como sigue:

CRISIS No. 1: Agotamiento de la caza.

Los mejores cazadores por los propietarios de esclavos en trabajos agrícolas.

CRISIS No. 2: Agotamiento de esclavos.

Los propietarios de esclavos por propietarios de tierras, con los más eficientes sistemas de almacenamiento y distribución de los sistemas hidráulicos.

CRISIS No. 3: Agotamiento de la madera.

Los propietarios de los bosques leñosos y maderables por los explotadores de minas de carbón y utilizadores de maquinaria mecánica en productos industriales.

CRISIS No. 4: Agotamiento de las ballenas.

Los propietarios de las empresas balleneras por los de empresas petroleras, que alcanzaron y sobrepasaron el nivel de los explotadores de carbón e industriales.

7. Los especuladores que confrontaron exitosamente la crisis No. 2, eventualmente se convirtieron en los controladores de la madera, y el poder que adquirieron fue enorme. Originaron el sistema feudal que perduró prácticamente hasta el advenimiento de la crisis No. 3.

8. El término "especulador" ha sido mal interpretado y peor comprendido. Etimológicamente viene del Latín "speculare" que significa observar o percibir, la palabra "speculatum" era una torre donde un "speculatore" podía observar o percibir cambios o movimientos en el terreno y en la lejanía, inobservables o imperceptibles para los que se encuentran al nivel del suelo; así pues, para los romanos, un "speculatore" era alguien que podía percibir antes que otros, el desarrollo de los acontecimientos, y actuar en consecuencia.

9. Cada crisis fue percibida, a veces intuida, por seres super-dotados que actuaron en la solución de la misma, con mucha anticipación, antes del "tiempo" correcto, produciendo alternativas de soluciones para la crisis en desarrollo pero no ayuda; sus propuestas son identificadas como actuación de "pioneros" o inclusive "apóstoles"; sus fracasos en el campo de la realidad económica de su "tiempo" del "momento" de su actuación son agudizados por el hecho de que su acción coincide con la iniciación del gran desarrollo y poderío que adquieren los controladores del energético en vías de agotamiento. Como ejemplos: Arquímedes inventó numerosas máquinas hidráulicas, ruedas motrices, elevadores de agua (el tornillo de Arquímedes), compuertas autocontroladas, etc., 10 siglos antes del advenimiento

de la crisis de los esclavos. Los que iniciaron y trataron de actualizar el carbón mineral en Inglaterra "antes de tiempo", no sólo fueron ridiculizados, sino discriminados socialmente por manejar "asuntos innobles y sucios"; Los indios mexicanos y americanos utilizaban el petróleo en diferentes aplicaciones y, cuando Edwin Drake propuso buscar petróleo para uso comercial, el único apoyo financiero que obtuvo fue un pase para viajar gratuitamente en el ferrocarril de Pensilvania.

10. Los pioneros, visionarios y apóstoles son los forjadores de los hechos que permitieron al especulador actuar frente al conocimiento que éste hace de la crisis, la cual en ese momento ya es percibida y experimentada en sus efectos por casi todo el mundo. El especulador exitoso, principia su actuación cuando los controladores del energético en crisis están en el pináculo de su poder, el "tiempo" correcto de su actuación es ése, y los resultados los comienza a obtener al inicio del declive de los operadores del energético en crisis, a cuyo final contribuye. En el caso de Edwin Drake y sus hallazgos en Pensilvania permitieron a Rockefeller, el primer especulador en este campo, iniciar su acción y enorme éxito; Drake se anticipó a su tiempo y, Rockefeller actuó a "tiempo".

QUINTA CRISIS: Se agota el Petróleo.

Si bien es verdad que las crisis de energéticos tienen características que les son comunes, cada una de ellas se presenta con sus propias incidencias.

El petróleo sustituyó a un energético de uso específico: los aceites de ballena y esperma, que solamente se utilizaban para el alumbrado. En un principio únicamente el kerosen refinado del petróleo crudo se comercializó para ese fin. La abundancia del producto creó la necesidad de buscar nuevos mercados, y así fue como a fines del siglo XIX la Standard Oil Co., fundada y propiedad de Rockefeller, distribuyó en China 5 millones de lámparas de kerosen gratuitamente.

Pronto, refinadores de petróleo se dieron cuenta de cómo procesos de nuevas tecnologías permitirían la obtención de diferentes hidrocarburos de alto poder térmico, y siendo éstos subproductos de desecho, promovieron las tecnologías para substituir al carbón mineral en la generación de vapor. El éxito fue instantáneo y en un corto período habían substituido al carbón en todos los usos de su aplicación térmica directa, quedando constreñido su uso a sólo aquellos casos en que además de la generación térmica, el carbón actuaba químicamente sobre el producto final, como es el caso de la industria siderúrgica.

La facilidad y sencillez de su manejo viabilizaron los desarrollos de las tecnologías de los motores de ciclo térmico directo, como los de transformar directamente la

energía térmica en mecánica sin el paso intermedio de la generación de vapor. En la primera década del presente siglo, el petróleo se había convertido en el energético del sistema económico, y su influencia en los sistemas socio-políticos se evidenció de inmediato.

La sustitución del carbón por el petróleo dejó casi intactas las reservas del primero, hecho que, como veremos, es de trascendencia en las alternativas de solución a la crisis del petróleo.

El petróleo está provocando la crisis, anticipándose a las condiciones reales del agotamiento. Este adelanto lo produjo el hecho de que son pocos los países que tienen aún producción abundante de petróleo y a que la mayoría de los países que lo consumen en grandes cantidades, no son productores. Este hecho facilitó la creación de un poderoso "cartel" de países productores que en un período de sólo diez años ha multiplicado el precio del energético por 14 veces (de 2 Dlls. a 28 Dlls./barril). Esto ha sido suficiente para influir grandemente en las economías regionales, ocasionando globalmente un movimiento inflacionario favorecido por la circunstancia de que el "cartel de la OPEP" está integrado por países que quieren realizar grandes importaciones de sus países clientes, para integrar sus infraestructuras de desarrollo y alimentación.

Este doble juego de encarecimiento del petróleo y de lo que el producto de las ventas del mismo puede comprar, está actuando cibernéticamente aminorando el efecto de la crisis, ocasionada por el alza del precio del energético.

El proceso está ocasionando la explotación de campos agotados en operación primaria, en los países desarrollados que explotaron petróleo. Este efecto retroalimentador sólo beneficia a los sistemas nacionales que tienen y pueden vender productos y servicios a la OPEP. Desafortunadamente, existe un gran número de países no productores y no industrializados, para los cuales el doble juego descrito, sólo agrava doblemente su situación económica; para ellos este efecto los ha colocado en la situación de enfrentar el agotamiento total del energético.

Como en las crisis anteriores, en la presente, los visionarios, pioneros y apóstoles, han preparado el campo para la acción de los especuladores. Se conocen muchas alternativas para la sustitución de petróleo, entre las cuales podemos citar:

1. Energía atómica por fisión.
2. Energía atómica por fusión.
3. Aprovechamiento del viento.
4. Aprovechamiento de las mareas.
5. Aprovechamiento directo de la energía solar.

Ninguna de ellas puede sustituir íntegramente al petróleo, por ejemplo, en la propulsión de los vehículos pequeños y medianos, terrestres, marinos o aéreos. Sin embargo existen tecnologías y sustitutos secundarios del petróleo. Por vía de ejemplo citaremos los siguientes:

- a) Utilizando el agua y la energía eléctrica producida

mediante cualquiera de los 5 sustitutos primarios, se puede producir hidrógeno, que puede ser utilizado muy ventajosamente en cualquier motor de ciclo térmico (explosión interna o turbina). En el caso de los motores de explosión eléctrica sólo basta hacer pequeñas modificaciones al sistema de carburación para que funcionen con este combustible; estos motores no son contaminantes, por el contrario, su desecho es agua.

El uso del hidrógeno como sustituto de los hidrocarburos de petróleo, conserva en mejores condiciones los motores y disminuye los costos de mantenimiento al no haber residuos carbonosos de vida de las bujías, en caso de los motores por ignición, y de las bombas de inyección en los de tipo diesel, se alargará notablemente. A pesar de que una libra de hidrógeno genera más de 100,000 btu de energía térmica y, en promedio, una del combustible destilado del petróleo sólo rinde 21,000, la baja densidad del primero obliga a grandes volúmenes de almacenamiento, lo que disminuye grandemente el campo de acción por carga del tanque de combustible de los vehículos. La industria automotriz está investigando actualmente el potencial de los hidruros metálicos como base para el almacenamiento del hidrógeno en los vehículos automotores, y tanto la General Motors como la Ford, han demostrado tanques armados con hidruros que pueden almacenar 5 o 6 veces más hidrógeno por unidad de volumen a presiones moderadas (15 a 16 libras/pulgada) que si se utilizaran solamente para almacenar el hidrógeno gaseoso. Todos los vehículos automotrices y navales movidos por motores de ciclo térmico pueden hacer la transición sin problemas térmicos y a bajo costo.

Para los aviones, tal y como ahora los conocemos, el problema es diferente, ya que los tanques de hidruro consumirían una gran parte de la carga útil del aparato y aun así, su radio de acción se vería disminuido. Sin embargo la Lockheed Aircraft Co. ha anunciado que tiene en sus tableros de diseño un avión supersónico para 350 o 400 pasajeros, capaz de volar en una sola etapa de New York a Tokio en sólo cuatro horas y media y su combustible será hidrógeno líquido. Los taxis espaciales, hacen uso del hidrógeno líquido en maniobras espaciales.

b) Existen en la tierra zonas montañosas no aptas para la agricultura y de regímenes apropiados para el cultivo de bosques leñosos (no maderables) de ciclos de reproducción rápida que puedan ser explotados y obtener de ellos recursos renovables energéticos directos (leña) o materia prima para utilizarlos en la producción de acetileno en el ciclo del carbonato de calcio de Frank y Caro (proceso patentado en 1906). El origen del término "petroquímica" fue acuñado por ellos cuando a partir de la piedra caliza, carbón vegetal, agua y aire, sintetizaron amoníaco y urea. Este proceso por sí solo puede sustituir al petróleo en toda la industria petro-química, utilizando como base el acetileno producido al reaccionar el agua con el carburo de calcio, en lugar del etileno que utiliza la petroquímica basada en el petróleo.

c) Como hemos dicho, las reservas del carbón mineral son enormes y se están desarrollando tecnologías que permiten su utilización masivas en la producción de hidrocarburos alifáticos iguales a los encontrados en el petróleo. Estas

plantas serán capaces de producir cualquier tipo de combustible líquido o lubricantes líquidos o semisólidos de la graduación que se desee.

d) En explotación primaria se ha calculado que los yacimientos petroleros sólo ceden un tercio de su contenido; las tecnologías en uso en explotación secundaria y terciaria extra, en otro tercio; de manera que si se logra una técnica que permita extraer el resto, las reservas de petróleo se incrementarán en un 50%. Pero existe petróleo impregnando cierto tipo de lodos de diversas composiciones. Se han estado desarrollando tecnologías para su explotación, que en la actualidad es costeable a precios superiores a 16 Dlls./barril. Las reservas petrolíferas en esta área son mayores que las existentes en forma líquida o gaseosa antes de la iniciación de su explotación.

Con excepción de los recursos utilizados en la generación de la energía nuclear y en la del aprovechamiento de las mareas, en todos los otros campos, la energía que pueden ceder al ser utilizados proviene del sol, bien sean recursos renovables como la energía hidráulica o la madera o no renovables como el carbón y el petróleo. El agua, al ser evaporada por el calor del sol, sube para condensarse en lo alto y caer como lluvia en la superficie de la tierra. Es depositada en lugares elevados, lo cual la provee de energía potencial, resultante de la diferencia entre el trabajo realizado por la energía solar para evaporarla y, por ejemplo: al nivel del mar, elevarla hasta la altura de condensación y la desarrollada por la fuerza de gravedad para precipitarla a la tierra y depositarla en un nivel

superior al de su evaporación. Si es conducida y precipitada a un nivel inferior, en su caída el agua deberá y cederá la diferencia de energía existente en ella para transformarla digamos: en una energía mecánica, impulsando una rueda hidráulica de madera o una moderna turbina hidráulica. Así pues, la energía mecánica proporcionada por dichos mecanismos en su origen, proviene del sol.

La energía térmica que genera la madera al quemarse, es el resultado de la combinación química del oxígeno del aire al convertirse en bióxido de carbono, que se libera en la atmósfera. Estas fibras biológicas fueron a su vez, en su origen, estructuradas gracias a la habilidad de la planta viva de utilizar la energía solar que recogen sus hojas y mediante la función clorofiliana, sintetizar sus estructuras fibrosas tomando bióxido de carbono y agua de la atmósfera (y otros componentes menores), liberando en el proceso, el vital oxígeno, que es regresado a la atmósfera. Esta energía quemada, almacenada en las estructuras vitales, es liberada al realizarse la reacción inversa de oxidación, al quemarse. En el caso del carbón mineral y el petróleo, su energía también proviene del sol, sólo que su transformación de organismos vivos a minerales energéticos, requiere de un período de decenas de millones de años para el carbón y de cientos de millones de años para el petróleo.

El caso del aprovechamiento de la energía proporcionada por las mareas, es la fuerza de gravedad ejercida por la luna sobre la tierra (y en mucho menor grado la del sol), la que se aprovecha.

La energía atómica utiliza la liberación de las fuerzas de cohesión del átomo entre sus partículas constituyentes, bien sea cuando el átomo se fisiona para transformarse dos o más átomos de elementos de menor peso atómico o bien cuando se fusiona para transmutar un elemento liviano en otro con mayor peso atómico.

En ambos casos la masa final es menor que la inicial, es decir: en el caso de la fisión, la suma del peso de los elementos obtenidos es menor que la masa original del elemento pesado que los originó; y en el caso de la fusión, el peso del elemento pesado es menor que la suma de los átomos del elemento liviano que lo originó. La diferencia de las masas iniciales y finales es la energía liberada de acuerdo con la ecuación de Einstein: $E=mc^2$. Tenemos tecnologías y plantas funcionando exitosamente, que aprovechan la energía atómica por fisión.

En el caso de la energía atómica por fusión, sólo hemos podido liberarla en las bombas atómicas de hidrógeno.

En la actualidad sólo dos elementos naturales y uno artificial pueden ser utilizados en la generación de energía termonuclear, éstos son:

Para la fisión: El isótopo liviano de Uranio, identificado como U-235 y el elemento de creación artificial, Plutonio.

Para la fusión: El isótopo pesado de hidrógeno, identificado como Deuterio H-2.

Ambos isótopos son muy escasos y las reservas naturales de uranio son pocas. El plutonio es producido partiendo del U-235. Las tecnologías actuales en la producción de energía termonuclear, se fundan en dos procesos básicos: Fisión del Uranio, con un gran desperdicio radioactivo y fusión de Uranio con producción de Plutonio y algo menos de desperdicio radioactivo.

Los reactores que emplean este último sistema, son llamados "BREEDERS", y su manejo y operación es de un grado de peligrosidad que ha impedido su desarrollo comercial en los Estados Unidos de Norteamérica y en Inglaterra.

Su ventaja es evidente, ya que pueden generar mayor cantidad de Plutonio que el Uranio consumido, y este Plutonio a su vez puede ser utilizado como combustible nuclear en el mismo reactor que lo produjo.

Se han invertido varios miles de millones de dólares en la investigación para fusión, los resultados obtenidos hasta la fecha son inciertos pero prometedores. El problema por solucionar es alcanzar, en el material fusionable (h-2), la temperatura de reacción que es aproximadamente de 13 a 14 millones de grados centígrados. Las tecnologías en experimentación se fundan en la excitación térmica de plasmas iónicos (gases enrarecidos cargados eléctricamente en campos magnéticos) ya que a esas temperaturas es imposible cualquier contacto con otros materiales, pues ello ocasionaría una gasificación explosiva. Se han logrado, bajo perfecto control, temperaturas de 8 a 10 millones de grados centígrados en los plasmas. Los problemas teóricos

han sido resueltos y los científicos confían en poder tener las tecnologías adecuadas antes de una década.

No sólo problemas técnicos confronta la industria energética termo-nuclear, sino también varios problemas sociales y políticos. Existe contra ella una oposición pública de carácter neurótico muy similar, pero más intensa, que la que se originó en su tiempo con la industria del carbón; las implicaciones políticas son muy grandes y ha sido prohibida la operación de reactores de fisión del tipo - "BREEDER", sobre la base de que la producción de Plutonio en grande escala tendría como consecuencia una proliferación de armas nucleares, que inclusive podría poner al alcance de grupos terroristas irresponsables, bombas atómicas.

En los actuales momentos, la generación eléctrica mediante la energía nuclear es competitiva con la generada utilizando petróleo, pero las nuevas instalaciones con base a la utilización de carbón mineral, están teniendo preferencia, no tanto por razones de rentabilidad sino por evitar protestas y oposición pública.

La utilización de la fuerza del viento en la obtención de la energía mecánica, es realizada desde la solución de la crisis No. 2. En la actualidad se están desarrollando tecnologías para generar energía eléctrica. De hecho ha vuelto a generarse el uso de bombas en pozos aislados, accionadas mediante el viento. La energía del viento proviene directamente del sol, ya que las corrientes de aire son generadas por centros meteorológicos de baja presión originados por un calentamiento diferencial de las capas

inferiores de la atmósfera, que obliga a las masas calientes de aire a ascender, creando un vacío diferencial que tiende a ser llenado por los aires circundantes.

Puesto que casi todos los energéticos que utilizamos no son sino almacenes de energía solar, que es liberada mediante ciertas condiciones, se ha pensado en lograr una utilización directa de la energía solar.

Dos tipos de tecnología se han venido desarrollando al respecto:

1. Las que emplean en la manufactura e instalación de sistemas activos y pasivos para calentar o enfriar ambiente o materiales.
2. Las que usan para manufacturar e instalar sistemas que transforman directamente la energía solar en energía eléctrica.

El problema del aprovechamiento directo de la energía solar, no es sólo el de la captación de la misma, sino que deben de crearse sistemas que, de acuerdo con Heilmer, Vicepresidente de Investigación y Desarrollo (R&D), en Texas Instruments Co., deben satisfacer los siguientes 5 criterios:

1. Deben ser razonablemente eficientes. Un 10% de aprovechamiento de energía captada, es una eficiencia "competitiva".

2. Deben poder ser fabricadas con materiales fácilmente obtenibles y abundantes.
3. Deben de contener, integrado, el sistema de un almacenamiento de energía, que pueda ser utilizada cuando el sol está brillando.
4. Deben ser estructuradas de tal forma que la falta de uno o más componentes de captación solar no interrumpa el flujo de energía captada por el resto.
5. La fabricación, instalación y mantenimiento del sistema, debe consumir menos energía que la que el sistema produzca durante su vida útil.

En los sistemas hasta ahora en uso, de ambas tecnologías, sólo los criterios 1 y 3 no han sido resueltos satisfactoriamente, las deficiencias del origen de captación son del orden del 6 al 7% y los almacenamientos de energía más prometedores son los siguientes:

A) Para los sistemas de aprovechamiento térmico directo la Robar Co., según afirma su Presidente George Sutherland, emplea un fluido que al ser calentado se descompone en dos productos químicos. Ambos productos pueden ser recombinados a voluntad, liberando un 80% del calor consumido en su descomposición.

B) Para los sistemas de Transformación Eléctrica de la energía solar, según George Heilmer de Texas Instruments

Co., utiliza energía eléctrica sobrante durante la captación de la luz solar, para producir hidrógeno electrolítico a partir del agua, utilizando celdas electrolíticas reversibles del sistema cerrado (propiedad patentada por General Electric), que al recombinar el hidrógeno con el oxígeno, producen directamente una corriente eléctrica.

Los sistemas que transforman la luz solar directamente, en energía eléctrica, utilizan las llamadas celdas fotovoltaicas y por la importancia de su utilización y el prometedor futuro que ofrecen, merecen que desde nuestro "speculatum" enfoquemos más detalladamente nuestra atención en su campo de desarrollo.

C A P I T U L O I I

LAS CELDAS FOTOVOLTAICAS

Gigi Mahon dice, en el seminario financiero BARRON'S (abril de 1980) que: "No hay empresas en los Estados Unidos de Norteamérica que en este momento estén realizando trabajos de investigación y desarrollo en el campo de las celdas solares fotovoltaicas, y son menos de 10 las que manufacturan y comercializan" y agrega... "Sin embargo, su manufactura constituye lo que podría llegar a ser la parte más lucrativa (del aprovechamiento directo de la energía solar) ya que es ahí donde se encuentra el más prometedor potencial de descubrimientos patentables".

Las celdas fotovoltaicas fueron descubiertas por los laboratorios de la compañía telefónica Bell, al principio de la década de los cincuentas, al mismo tiempo que el transistor. La razón de por qué este último tuvo un desarrollo tan rápido y las celdas no, es obvia: en esa época nadie vio un uso inmediato para ellas. Durante la década de los setenta tuvieron una amplia aplicación en los programas espaciales, y sin ellas, difícilmente se hubieran podido desarrollar, al grado que se ha logrado, los satélites observadores y de comunicación. En este último caso, es edificante saber que existen satélites con más de 16 años de uso, que siguen funcionando sin problema. Los satélites de uso comercial de la empresa "Comsat" desde "el pájaro madrugador" hasta los sincrónicos más recientes, han trabajado normalmente desde 1968 hasta la fecha, haciéndose cargo de casi el 100% de las comunicaciones intercontinentales del mundo, incluyendo el bloque comunista.

La crisis de petróleo planteada por la OPEP, en la década de los setenta, fijó la atención en la posibilidad de uso terrestre, y en 1975-1976, principió la carrera para abaratarlas y poder utilizarlas en uso terrestre.

La mayoría de las celdas solares fotovoltaicas consisten en dos capas de silicio aplicadas a un sustrato rígido o semirígido, según la aplicación que se les va a dar. Cuando las celdas son energizadas por la luz solar, liberan partículas eléctricamente cargadas. El Silicio (SiO_2) es uno de los recursos más abundantes en la superficie de la tierra, pero el procedimiento para utilizarlo en la fabricación de las celdas solares fotovoltaicas es costoso; en su primera etapa, es el mismo que se utiliza para prepararlo con el fin de ser usado en procesadores eléctricos. En su segunda etapa, el lingote es cortado en delgadas láminas (10 a 15 mm de espesor). Estas láminas son pulidas y terminadas a tolerancias precisas, desperdiciándose en este proceso de acabado, de un 60 a un 70% del lingote.

Antes del inicio de la Quinta Crisis (Se agota el petróleo), cuando la utilización de las celdas fotovoltaicas en los vehículos y satélites espaciales, el costo por WATT generado no preocupaba grandemente, y en sus primeras aplicaciones éste era de \$20 dólares (1960). A mediados de la década de los setenta, con la aparición de los primeros satélites de comunicación comercial, el costo se había incrementado a \$120 Dlls/Watt. En 1976, al inicio de su comercialización para uso terrestre, el precio fue de \$100 Dlls/Watt, siendo el precio del lingote de Silicio de aproximadamente \$120 Dlls/Kg, a un 70% de desperdicio. El consumo

del lingote para producir un Kg. de lámina (Waffers) para celdas, es de 4.666 y un Kg de Waffers permite la instalación de 90 a 100 Watts. Para un KW, aproximadamente 10m2 de exposición de sol, que un montaje tipo astronómico acuatatorial, de estructura extraligera, (10 persianas) ocupará un área de 1m2.

A 10 Dlls/Watt, las celdas fotovoltaicas están encontrando aplicaciones en lugares alejados de las líneas de transmisión, para que encuentren aplicación en amplios mercados. Ejemplo: En aplicaciones domésticas en zonas altamente electrificadas, a los costos actuales de la energía eléctrica, el costo del Watt instalado deberá ser de \$1.00 dólares. El Departamento de Energía de los Estados Unidos de Norteamérica prevé un costo de \$0.70 Dlls/Watt para 1986.

En el programa de energía del Presidente Carter, aprobado por el Congreso en junio de 1979, el objetivo de consumo de energía solar para el año 2000 es el 20% del total, incluyendo: aprovechamiento térmico, fuerza del viento, energía hidráulica y celdas fotovoltaicas, fijando esta última en un 2%. El primer año de comercialización de éstas fue en 1976, y se produjeron ventas por \$6.7 millones de dólares, y a partir de esa fecha han ido subiendo aceleradamente, mientras que, como veíamos, el costo del Watt va bajando.

Para cumplir con el objetivo de Carter, la industria deberá vender \$38,000 millones al año (Dlls. 1980) a \$0.80 Dlls/Watt, en 1990. Este crecimiento de capacidad instalada representa 10,000 veces la producción de 1979, o sea 130%

anual compuesto, ritmo nunca antes visto. La industria de los semiconductores (transistores, circuitos integrados y microprocesadores) promedió en los últimos 10 años un 50%.

La industria está activamente buscando nuevas tecnologías para abaratar el costo de Watt instalado.

Los ángulos de investigación persiguen uno o varios de los siguientes objetivos:

1. Aumentar las eficiencias de captación y transformación eléctrica.
2. Los tipos de Silicio metálico varían de acuerdo a su cristalización, como sigue (1979):
 - Unicristalino de 140 a 190 Dlls/Kg (observado).
 - Policristalino de 70 a 90 Dlls/Kg (observado).
 - Semicristalino de 50 a 60 Dlls/Kg (inferior).
 - Amorfo de 40 a 60 Dlls/Kg. (observado).

Hasta ahora se ha utilizado en su fabricación el unicristalino. Se buscan otras formas de Silicio más económicas.

3. Disminuir el desperdicio.

Todos los involucrados en estas tareas de investigación y desarrollo, guardan actualmente sus hallazgos con mucho celo, y sólo dan a conocer generalidades de los mismos, como por ejemplo:

Texas Instruments, a fines de 1979 dijo que había logrado desarrollar una tecnología que disminuía el desperdicio a menos de un 8%, en fabricación de celdas fotovoltaicas. En lugar de usar láminas delgadas (Waffers), la empresa aplica pequeñísimas esferas de Silicio sub-estrato en un proceso similar al usado para aplicar arena en la fabricación de papeles lija. El costo de manufactura también es abatido rápidamente.

Senix Corporation, una división de Solares Co., subsidiaria de la Standard Oil de Indiana, que ha desarrollado un proceso que utiliza Silicio semicristalino en la fabricación de celdas fotovoltaicas con reducción del desperdicio a sólo un 5%.

Arco Solar, una división de la empresa petrolera Atlantic Richtfield Co., declara haber comprado una participación en la empresa Energy Conversion Devices, por la tecnología que ésta desarrolló para utilizar Silicio amorfo en la fabricación de celdas fotovoltaicas.

Muchas de las investigaciones están siendo patrocinadas con fondos del gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica, como por ejemplo: La Texas Instruments trabaja su sistema con un contrato de 14 millones de dólares, otorgados por el Departamento de Energía de ese país.

Los avances que se han logrado en la fabricación de celdas fotovoltaicas, son guardados celosamente, ya que la protección legal que pueden tener es casi nula.

En el caso de los circuitos integrados monolíticos, es decir, incorporados a una sola pieza de Silicio (chips), que comprenden, por ejemplo: Bosques de memoria de acceso instantáneo, transductores análogo-digitales, microprocesadores, etc.

Sólo existe una protección de registro de planos, pero no se puede proteger los productos. Una vez que el producto está en el mercado, cualquiera lo puede desarrollar "Ingeniería Inversa", sobre el mismo y obtener de los resultados los dibujos y negativos (Masks), que se utilizan para la impresión de los bloques o Waffers del circuito.

Es un delito utilizar un juego de Masks, obtenido de planos registrados, pero no lo es si se logra de los planos generales por la ingeniería inversa aplicada sobre el producto.

En 1977, Control Data realizó ingeniería inversa sobre chips rusos de bloques de memoria de 4k a 16k, y declaró que los mismos eran copias de los chips de Intel de 4186 bytes, de 8 bits y del de 16,736 bytes, también de 8 bits (un bit es la representación electrónica de 1 o un 0).

El hecho despertó una oleada de entusiasmo para pedir al Congreso Americano una ley que otorgara "Propiedad de Patente" a los chips. El planteamiento lo hizo la American Electronic Association (AEA), pero la mayoría de los socios se opuso a la misma y el resultado de las Audiencias del Comité del Congreso que estudió la solicitud, fue un proyec-

to de ley que dejó inconformes a los "pro" y a los "contra" de tal regulación.

"La ley" dice Finch, de National Semi-conductors Co., "la desean empresas que tienen miedo de la competencia del mundo real", y agrega: "...en esta industria, la innovación es la protección real". Rogers, de Precision Monolithics Inc., apasionado defensor de la ley, dice: "Es como decir, asaltar un banco para robarlo usando pistolas, es correcto, pero no lo es si se usan metralletas".

La ingeniería inversa, que es posible realizar gracias a la situación legal de los "chips" electrónico, ha dado un poderoso impulso a esta industria, ya que son pocos los que la emplean para hacer una copia "idiota" (como le llama la comunidad electrónica a una copia exacta del producto) sino que ha servido para mejorar el propio producto examinado, o para aprovechamiento del producto en sus aplicaciones.

Intel, que es la empresa más copiada y una de las más entusiastas promotoras de la ley de protección, ha tenido un enorme éxito en su capacidad innovadora, en los inicios de los microprocesadores llamados 8008, de 8 bits.

En muy corto plazo, antes de que los copiadore pudieran ofrecer uno similar, sacó uno de los más poderosos, el 8080A, con igual rapidez produjo otro modelo perfeccionado, el Zilog 80; éstas tres generaciones fueron diseñadas de tal forma que el grupo de instrucciones que acepta el modelo más reciente, contiene las dos anteriores, y las del 8080A, contiene las del 8008.

Esto permite a los usuarios aprovechar los programas de utilización originales, para mejorarlos o ampliarlos. El éxito de Intel fue enorme, durante 1978-1979, más de 6,000,000 de microcomputadores fueron diseñados, fabricados y vendidos por 8 fabricantes, utilizando los microprocesadores 8080A y el Zilog-80.

Las aplicaciones siguen expandiéndose, a finales de 1979 se ofreció al mercado un microcomputador con marca "PASCAL", diseñado específicamente para controlar todas las operaciones de molinos y almacenes de trigo; antes de estar en el mercado, se vendieron 1,200 de estos microcomputadores de control.

Intel ha demandado judicialmente a la Oficina de Registros de Derechos de Autor, porque negó el derecho de registro a un nuevo microprocesador de 16 Bits, el modelo 8028. A pesar de ello, el microprocesador estaría en el mercado este mismo año.

Las celdas solares fotovoltaicas, en cuanto a su protección legal, están en el mismo caso que los circuitos integrados monolíticos (chips). Son sujetos para la práctica de la ingeniería inversa sobre ellas, y es seguro que cuando estén en el mercado las celdas fotovoltaicas de bajo costo de producción y alto rendimiento, surgirán un gran número de fabricantes con alternativas diferentes, en un mercado que tiene más ampliación potencial para absorber sistemas integrados de energía solar, que el existente para los sistemas de computación diseñados sobre los microprocesadores monolíticos.

Lo anterior plantea el problema de abasto de Silicio para las celdas fotovoltaicas. Para poder tener la expansión en el programa del Presidente Reagan, contempla: tendrá que competir con un "hermano mayor", la industria de los semiconductores, que en 1979 consumió 5,000 toneladas de kilos de Silicio metálico en sus diversas clases, y se estima que a los precios actuales, el consumo para el año de 1982 será de \$7,500 millones de dólares.

Los precios de los componentes electrónicos básicos han bajado dramáticamente y el mercado se ha ampliado exponencialmente, por ejemplo: Las memorias de acceso inmediato para los procesadores centrales, en la industria de los computadores, que al inicio de la década de los cincuenta costaban 10,000.00 dólares, hoy cuestan de 4 a 6 dólares en los chips de Silicio.

La capacidad de producción no se está ampliando en la actualidad, y la única empresa que ha dado a conocer intenciones en este campo es Semix Co., quien ha declarado que su material semicristalino, aún en período de investigación, promete hacerse cargo de todos los faltantes que puedan surgir en la producción del Silicio monocristalino.

Las empresas más importantes activas en la producción de celdas fotovoltaicas, son las siguientes:

SOLAREX

SEMIX

SUBSIDIARIAS DE LA STANDARD OIL OF INDIANA

ARCO SOLAR

DIVISION DE ATLANTIC RICHFIELD

SOLAR POWER

EXXON'S SOLAR
SUBSIDIARIAS DE LA EXXON CO.
APPLIED SOLAR ENERGY
MOTOROLA CO.
PHOTOWATT CO.
SOLEC INTERNATIONAL
SOLENERGY CO.
TEXAS INSTRUMENTS
TYCO CO.
DIVISION MOBIL OIL CO.
AMERICAN TELEPHON AND TELEGRAPH CO.
GENERAL ELECTRIC
GRUMMAN CO.
INTERNATIONAL BUSINESS MACHINE CO.
RADIO CORPORATION OF AMERICA
UNION CARBIDE

La gran mayoría de las empresas petroleras, están mostrando interés en diversificar sus operaciones entrando al campo de las celdas fotovoltaicas. Cada ejecutivo da sus razones; algunas de sus explicaciones típicas del por qué son acotadas: "Si no tomamos la responsabilidad de explorar nuevas alternativas de recursos energéticos, no estamos haciendo nuestro trabajo".

La alternativa Electricidad-Hidrógeno, es la que puede ponernos en el camino de la continuidad en el cumplimiento de nuestro objetivo social: Proveer de energéticos al público, nuestras redes de distribución de gas natural pueden entregar el hidrógeno de cbsa en casa; ésto y las nuevas

celdas electrolíticas reversibles, podrán dar al consumidor en una sola fuente de abastecimiento, toda la energía que requiere su buen vivir: electricidad, fuego en su hogar y combustible para sus vehículos... Además, no sería tanta la contaminación ambiental... ¿Por qué no pensar en el Sol como nuestro recurso energético, para producir el hidrógeno? al fin y al cabo, fue él quien nos proporcionó el petróleo que hoy manejamos.

Es evidente que estamos entrando en una nueva era industrial en donde los energéticos serán otros y este hecho está alterando los conceptos tecnológicos, desde la metalurgia hasta la electrónica. No debemos sentarnos a esperar nuestra muerte por inanición, creemos que la mejor puerta para la entrada a las nuevas tecnologías en el área de las celdas fotovoltaicas, está en nuestro propio campo: El de los energéticos.

Es interesante hacer notar el hecho de que las empresas petroleras americanas que han tomado posiciones en la producción y comercialización de celdas fotovoltaicas, están entre las más grandes y poderosas del mundo. Su rango, nombre y ventas en 1979 se muestra a continuación:

<u>RANGO</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>VENTAS EN 1979*</u>
1	EXXON CORPORATION	77,106
2	MOBIL OIL CO.	44,721
6	STANDARD OIL OF IND. CO.	18,610
7	ATLANTIC RICHFIELD CO.	16,234

*(cifras en millones de dólares)

Cuando menos, existen 12 empresas petroleras en las celdas fotovoltaicas y han despertado acaloradas discusiones entre los que actúan en el Congreso americano.

Las antipetroleras creen que el grupo del "Gran Petróleo", se convertirá en el grupo del "Gran Sol", con lo que las pequeñas empresas no tendrán oportunidad de competir y que en su acción existe el incidioso propósito de sabotear su desarrollo para poder mantener artificialmente elevados los precios del petróleo y sus derivados.

Algunos de los más fervientes partidarios de la energía solar, sostienen que las celdas fotovoltaicas ayudarán al consumidor a declarar su independencia, no sólo de las empresas petroleras sino también de las de energía eléctrica ya que éstas pueden ser usadas a un nivel individual.

No todos los partidarios de la energía solar comparten estos sentimientos anti-electricistas; el Instituto de Investigación de la Energía Solar dice que al consumidor no le importa ser independiente de las compañías petroleras o electricistas, mientras éstas cumplan su cometido de proveerlos de producto y servicios a precios económicos, y reconoce el hecho de que, pudiendo ser usados a nivel individual, para que las ofertas de estas empresas pudieran ser más atractivas y los servicios más competitivos, ya que el consumidor podrá rehusar sus ofertas en el momento que no lo satisfagan; agrega Doran Moran, del Instituto: Será mucho más conveniente tener una sola toma de hidrógeno y celdas eléctricas reversibles, que todo un sistema de captación y almacenamiento de energía solar y, quizás, más económico.

Un aspecto que puede ser una motivación importante, en la operación de sistemas individuales de energía solar, lo es la Ley Federal aprobada por los Estados Unidos de Norteamérica, que establece, para aquellas personas que hayan instalado sistemas de celdas fotovoltaicas, las siguientes ventajas económicas:

1. El usuario podrá contratar con la empresa de Energía eléctrica, y ésta tiene la obligación de aceptar en el contrato, un servicio de medición en dos sentidos.

2. Lo anterior permite que en los momentos en que el usuario genere en su sistema más energía de la que consume, el excedente entrará al sistema de distribución de la empresa y, el medidor marchará en reversa, disminuyendo por lo tanto, el acumulador de consumo.

3. Si el usuario consume más energía de la que el sistema genera, automáticamente la corriente fluirá de la línea de distribución al medidor del usuario, y éste marchará hacia adelante en la forma usual, acumulando en el medidor la energía consumida.

Lo anterior permitirá a los interesados, mientras la ley esté en vigor, disminuir el costo de la inversión que requiera su sistema de energía solar, generador de energía eléctrica; ya que no necesita invertir en el sistema de almacenamiento de energía.

También existe un sentimiento generalizado de que la intervención de las grandes empresas petroleras acelerará

notablemente el desarrollo y comercialización de sistemas de energía solar económicos. El Dr. Donald Khan, jefe ejecutivo de la Exxon's Solar Power Co., en relación a querer sabotear las fotovoltaicas, dice:

"Es imposible inventar algo, para después quedarse sentado sobre lo inventado. No puede encadenarse al sol, ésta idea es un enfermizo concepto de esos tipos antipetroleros", y agrega... "quieren que el concepto se desarrolle rápidamente, pero no quieren dejar que todo el mundo lo intente".

Las grandes empresas eléctricas, entre las cuales se encuentran:

<u>E M P R E S A</u>	<u>VENTAS EN 1979*</u>
CONSOLIDATED ERISON	3,912
CAROLINA POWER & LIGHT	1,036
DUKE POWER	1,755
FLORIDA POWER & LIGHT	1,904

*(cifras en millones de dólares)

están realizando actividades en el campo del aprovechamiento de la energía solar. Sus investigaciones y las correlacionadas que al respecto realiza el Departamento de Energía Solar de los Estados Unidos de Norteamérica, dan por seguro que las 2 siguientes predicciones se habrán cumplido para 1986:

1. Las realizadas por el Departamento de Energía de los Estados Unidos de Norteamérica, de que el costo por Watt de las celdas captadoras de energía solar, conver-

tidores térmicos o fotovoltaicas, será menor a .80 Dlls/Watt y el Silicio policristalino, menor de 36.00 Dlls/Kg.

2. La publicada por la NASA, de que la operación de los "Shuttles" especiales permitirá poner en órbita terrestre cargas masivas, a un precio igual o menor de 22.00 Dlls/Kg, antes de 1987.

Los trabajos se han concentrado, en el concepto del Dr. Peter Glasor, de Satélites de Energía Solar (Solar Power Satellite o SPS). Toda la tecnología que realiza el concepto existe, el desarrollo en proceso consiste en formular la ingeniería de detalle. El sistema de los SPS, consta de los siguientes componentes:

1. Se construirá en órbita geosincrónica una plataforma estructurada en aluminio, extraído y ensamblado en el sitio. Cada SPS tendrá un espesor estructural de 100mts. y 13 Kms. de longitud, por 5Kms. de ancho. Sobre una de las superficies, que se orientará siempre en forma perpendicular hacia el sol, se montarán celdas de captación de energía solar. La energía eléctrica generada a un flujo constante, será transformada en un rayo de microondas constante, de baja densidad de potencia, de características que garanticen un arribo de flujo constante a la superficie terrestre, cualquiera que sean las condiciones meteorológicas y hora meridiana en el lugar a donde el rayo es dirigido.

2. Las características que debe tener el rayo transmisor emitido por el SPS a tierra, han sido definidas por

el Jet Propulsion Laboratory de Pasadena. La Institución ha definido varios tipos de rayos ondulatorios-electromagnéticos, de baja densidad de energía (10 veces menor que la recibida en la superficie terrestre, emanada del sol), pero de gran penetración que no afecta en ningún sentido el medio físico y biológico terrestre. Estos rayos son haces de ondas electromagnéticas de muy corta longitud, inclusive lumínicos laser, que garantizan un arribo constante de energía.

3. El haz de rayos es recibido en la superficie por una antena rectificadora, llamada "Recina", que mide 16 por 24 m. y que transforma la energía mediante transformadores y rectificadores semiconductores (los más eficientes son los de Silicio). Las microondas son transformadas a las frecuencias y altos voltajes requeridos y el flujo interconectado a las redes existentes de distribución eléctrica.

4. Cada SPS de las dimensiones indicadas, entregará en tierra el sistema distributivo 10 Giga-watts (1 Gigawatt = 10,000 millones de watts = 10 millones de Kw). Actualmente las plantas termoeléctricas atómicas o de carbón, requieren de una inversión de 2,000 Dlls/Kw, a los precios de: 0.80 Dlls/Watt de las celdas fotovoltaicas; 22.00 Dlls/Km el colocar 1 Kg en órbita terrestre; y 26.00 Dlls/Kg en Silicio policristalino, el costo del sistema SPS en tierra será de 2,000 Dlls/Kg (2.00/Watt). Los costos de entrega a domicilio por un período de vida útil de sistema de 25 años (el usual) en la industria termoeléctrica actual, será

de .007 a .012 Dols/Kw, poco más del 50% del costo actual. Construir un SPS requiere transportar al espacio aproximadamente 300,000 Toneladas de materiales (sólo el Silicio de las celdas fotovoltaicas requiere un año) se requerirán cuando menos 62 Shuttles destinados a ese trabajo. El costo de la obra en el espacio, a los costos indicados, será de 16 a 17,000 millones de dólares, o sea aproximadamente un 85% del total, la diferencia es el costo de la Rectena y su sistema de Rectificación y transformación de los voltajes de distribución.

Un problema serio que enfrenta la creciente industria de las celdas fotovoltaicas, es el de que en el momento que principia su producción en masa, la industria manufacturera está saliendo de la etapa que podíamos llamar de métodos crudos rudimentarios, para extraer, gracias a los microprocesadores (fabricados de silicio), a la era de automatización integral.

Toda la industria está sufriendo la transformación, pero específicamente la de las Celdas Solares Fotovoltaicas en conjunción con la metalurgia y en su requerimiento de bajos costos y grandes volúmenes de Silicio metálico.

Los nuevos procesos, incidentalmente alteran los métodos metalúrgicos en la obtención de Aluminio, Germanio, Calcio, Titanio, Vanadio, etc., estos hechos: La automatización del alto nivel que están haciendo posible los microprocesadores y sus elementos periféricos y las nuevas tecnologías metalúrgicas, que están siendo desarrolladas en la búsqueda del Silicio a bajo costo y el hiperdesarrollo

que experimentarán las actividades espaciales y dejarán sentir sus efectos en toda la economía (y en el sistema de vida actual), a muy corto plazo, quizá en esta década los coeficientes de la matriz inversa de Leontieff (matriz de insumo-producto), para la economía americana, se habrán alterado radicalmente.

PENSAMIENTO HUMANO

La experiencia es innata a la mente humana. Es lo contrario del recuerdo. En el mecanismo de la mente, aún casi inexplorado, se han definido 3 aspectos básicos:

1. El recuerdo
2. La línea normal y los métodos del pensamiento
3. La expectancia.

La inteligencia y la imaginación, dan al individuo la capacidad de la expectancia. Los mamíferos superiores, apenas si, se cree, llegan al principio de ella, pero en la realidad sus mecanismos para utilizarla tienen más que ver con los circuitos cibernéticos del "arco reflejo", que en la utilización de la inteligencia y la imaginación. De acuerdo a los conocedores, trataremos de exponer una muy clara explicación de lo que es cada uno de los tres aspectos.

1. EL RECUERDO

El Hombre y también los animales, tienen en su mente un sistema complejísimo, al que se le llama memoria. La memoria permite almacenar todas las experiencias vividas: Cada vivencia es almacenada tanto más seguramente cuando mayor influencia (impresión) haya significado en la vida del ser que la experimentó. Algunos psicólogos, sostienen que absolutamente todas las sensaciones vividas son almacenadas, y este almacenar tiene dos niveles: el consciente y el subconsciente. Algunos fisiólogos sostienen que la memoria no es una función puramente desarrollada en el

cerebro como muchos piensan, es donde reside la mente, sino de un gran número de células que ceden su información fragmentada a un mandato del cerebro.

El recuerdo es el acto voluntario, en situaciones normales, mediante el cual traemos a nuestra conciencia a los conocimientos (consideremos que toda experiencia o sensación memorizada para esta exposición, es un conocimiento) existentes en nuestra memoria. Así pues, mediante recuerdo, podemos, estamos capacitados para conocer "ahora" en "este momento" algo que vivimos o aprendimos en el pasado

2. LA LINEA NORMAL DEL PENSAMIENTO

El primero que la explicó fue Aristóteles y la única modificación substancial que se ha hecho a este concepto aristotélico, es la de Sir Francis Bacon en el renacimiento, fundamentalmente explica, cómo el hombre razona y puede hacer conclusiones; La secuencia del proceso es la siguiente:

- I. Se toman en cuenta los hechos e inferencias que son trazados como hechos que en lógica se llaman "proposiciones".
- II. Se hace una conclusión tentativa.
- III. Se analizan estos hechos e inferencias.
- IV. Se prueba la conclusión, si hay satisfacción se procede al paso VI, si no:
- V. Se inicia el proceso agregando nuevos hechos o

inferencias, eliminándose algunos originales.

VI. Se formula una conclusión definitiva.

Llamamos inferencias cuando a partir de lo general concluimos algo específico y deducciones, cuando a partir de lo específico concluimos algo en general.

Como puede verse, en los pasos II, III y IV, es la inteligencia la que actúa, mientras en el paso I es el recuerdo y la imaginación. A través del paso IV, se está activando la imaginación, que permite acumular rápidamente el mayor número de hechos; mientras más grande sea éste (las "observaciones" en experimentos son para nuestra explicación "hechos") mayores elementos para el análisis y más exactos resultados obtenidos en IV. Mucha inteligencia sin imaginación, poco vale en la vital obtención de buenas conclusiones. Por otra parte, mucha imaginación, sin inteligencia, es peor que lo anterior, por lo siguiente:

1. El mecanismo de pensar principia con el acopio de hechos e "inferencias" que el individuo está razonando, considera como válidos, entonces: verdaderos. Desafortunadamente todos los seres humanos durante su vida van acumulando "creencias" que son fijadas en procesos de "actos reflejos" y que al ser "recordadas" para ser utilizadas en un razonamiento, son tratadas en el análisis como "verdadero". Si éstas son falsas la validez de las conclusiones es muy incierta. Mucha imaginación introduce un gran número de creencias perjudiciosas, que si no hay inteligencia en su análisis, nunca son eliminadas.

II. El mecanismo de la línea normal de pensamientos, siempre logrará conclusiones válidas si las proposiciones usadas son verdaderas. Pero el hombre no usa la razón en la mayoría de sus motivaciones de actuación: sus mecanismos emotivos juegan un papel más importante que su razón en la generación de motivos. Para comprender cómo ésto afecta raciocinios, como lo explican los psicólogos actuales.

Existe en nosotros una base hereditaria de la motivación. Se le conoce como "impulsos profundos" y su acción es incontrolada por la razón; constituyen la herencia evolucionaria que nos permitió llegar a lo que somos. Estos impulsos nos conducen a realizar acciones que son para conservar la especie y preservar la vida individual. A los primeros se les llama de la "líbido", y a los segundos de la "mórtido, es decir, nuestros impulsos profundos son originados en dos fuentes diferentes: la líbido y la mórtido. Existen entre ellos muchas contradicciones, ya que al actuar para lograr un objetivo, conservar la especie u otros; preservar la vida individual puede conducir a acciones contradictorias. Ejemplo: La teoría de la leona que muere de miedo, se enfurece y ataca al cazador, que sabe la matará, para defender a sus cachorros. La acción de la mórtido y la líbido es conflictiva, y en nosotros se limita a colorear el tipo de nuestro complejo mecanismo motivacional.

Las necesidades biológicas tienen una mayor influencia y por demás clara presencia en nuestras motivaciones, éstas son: la de respirar, la de comer y la sexual. En las tribus primitivas, prácticamente toda la actuación del hombre

era con el objeto de satisfacer estas necesidades y el mecanismo de la motivación se limitaba más o menos a buscar estas satisfacciones; si la libido predominaba, los niños tenían mejor protección y alimento; si la mórtido, sólo sobrevivían los que de una pequeña edad aprendían a medrar en los desperdicios, robar o arrebatarse a otros pequeños lo que lograban pepear de las sobras. Con el desarrollo de las sociedades, cada vez se facilitó más y más la obtención de satisfactores de necesidades biológicas, lo que dio origen al nacimiento y desarrollo de lo que constituye hoy en día el mecanismo motivacional del hombre, los deseos "psicológicos".

A este orden corresponden deseos tales como:

El ser respetado, estar en un trabajo que nos guste, adquirir o atesorar objetos utilitarios o bellos, o valiosos tener el mejor auto de la vecindad, vivir en el mejor barrio de la ciudad, verse más bella, más apuesto o más joven y todos aquellos que no están relacionados directamente con la conservación de las especies y la vida.

Cada individuo tiene una jerarquización de sus deseos psicológicos que según Lear, se agrupan en 5 niveles. Para ello cada nivel tiene una secuencia interminable de deseos diferentes que esperan "turno" de manifestarse, hasta que una secuencia de 5 niveles ha sido cumplida. Desde luego existen deseos psicológicos, que como las necesidades biológicas, se presentan periódicamente con intervalos más o menos regulares. Si el deseo de ser respetado, tiene entre sus requerimientos, el mejor automóvil de tal o cual grupo, cada año surgirá el deseo de comprar uno nuevo. Como puede verse, en la formulación de los deseos sólo factores emocio-

nales intervienen y sólo ocasionalmente, entra la razón en funciones para modificar una posible actuación motivada por la satisfacción de un deseo. Pero ésto es muy difícil que suceda y se requiere mucho entrenamiento en el manejo de la razón para tener éxito en el intento. La razón es la siguiente:

Las emociones acumuladas por frustraciones, originadas en el fracaso de lograr satisfacciones o deseos insatisfechos, se agrupan en un estado que los psicólogos llaman "complejo"; y ésto en sí no es malo si lo manejamos con los mecanismos emocionales adecuados, pero existen en nosotros una serie de "defensas psicológicas" inadecuadas, que utilizamos constantemente para justificar y proteger nuestros "complejos" de un ataque racional de los mismos. No sólo con la razón, lo que es casi imposible, se pueden vencer los complejos; podemos utilizar defensas de los mismos, de carácter emotivo que mejoran nuestra postura psicológica, y que nos libran de las presiones entorpecedoras del complejo. Ejemplo: "La Sublimación".

Si bien la existencia de complejos es causa de estados neuróticos, normalmente éstos, si se les deja "abandonados", tienden a desaparecer con el transcurso del tiempo, sólo en caso francamente psicopático, perduran y se fortalecen, agravando con ello, el mecanismo neurótico.

Lo exterior, que es absurdo desde el punto de vista racional forma parte de los mecanismos vitales y estos mecanismos también actúan en la fijación normal y racional de creencias.

Pierde, aisló y definió los métodos que el hombre utiliza para fijar sus creencias.

A. EL METODO DE LA TENACIDAD.

Este es un método biológico. Los organismo se las arreglan para adaptarse a su medio ambiente, aprovechando sus experiencias y aprendiendo de ellas. Esto pasa cada vez que un cambio es trazado a través de un grupo de células cerebrales, se hace más fácil trazar este camino posteriormente. Mientras más veces sea utilizado, más veces se recordará, y por lo tanto, más automático se hace el seguirlo y con el tiempo y uso, si una de las alternativas es propuesta, un sentimiento de inconformidad con uno mismo es experimentado. Es un método útil de pensar en muchas ocasiones, como por ejemplo: cuando a un niño le dicen que $7 \times 8 = 56$, ya ha fijado esa creencia en su mente utilizando el método de la tenacidad, como la creencia es verdadera, la utilización que posteriormente el niño haga de ella en su línea de pensar, le servirá para obtener conclusiones válidas.

Desafortunadamente, fijamos durante toda nuestra vida creencias, utilizando el método de pensar, que una vez en nuestra mente se convierte en verdades, lo sean o no, y constantemente las estamos utilizando al seleccionar nuestras proporciones en nuestro diario razonar; el resultado desde luego, cuando estas creencias son falsas, son conclusiones no válidas, pero nos satisfacen plenamente y nos dan la sensación de haber alcanzado "racionalmente" un resultado correcto.

Este método es el preferido de los publicistas comerciales, propagandistas, políticos y religiosos. Con lo que se logran perfectas inoctrinaciones de masas más complacidas, que adoran a sus cadenas, alaban a sus carceleros, sienten avances en donde hay retrocesos hasta que sienten faltantes de satisfactores a sus necesidades biológicas. El enfrentar esa realidad es terrible, nada más vea lo que siente de molestia si se dice a sí mismo $7 \times 8 = 33$.

B. EL METODO DE LA AUTORIDAD.

El hombre no vive aislado, forma parte de una sociedad, la cual está constituida por subsistemas: Empresas, Instituciones, etc.... en una o en varias de las cuales es un componente. Estos subsistemas poseen organizaciones y estructuras, basados sobre autoridad institucional, delegada en personas, es decir: algunos hombres ejercen autoridad sobre otros.

Para un hombre individual por naturaleza o capacitado biológicamente para bastarse, reconocer la autoridad que otro ejerza sobre él, según Tannenbaun requiere que una evaluación subjetiva, considere que los beneficios derivados de dicha aceptación sea mayor que la suma de los perjuicios sufridos por la aceptación. Para justificar sobre nosotros mismos esa sumisión, ajustamos nuestros conceptos a los universalmente aceptados por el grupo a que pertenecen. En forma automática, sin cuestionamientos, aceptamos las creencias existentes en el medio, que satisfacen nuestro "Ego" y así aceptar la autoridad que se nos impone.

Sin este método, el mecanismo de la aceptación de la autoridad difícilmente hubiera funcionado, y la formación de grupos sociales no hubiera podido alcanzar el nivel de integración que permitiera la existencia de sistemas sociales; esto es así: Un remedio antropológico de crear dioses sin tener que razonar en el proceso de su establecimiento.

C. EL METODO APRIORISTICO.

En lógica, una preposición "a priori" es la que se funda en axiomas que se suponen verdaderos, ya que no requieren demostración. Algunas escuelas filosóficas sostiene que los axiomas son innatos a la mente y que existen antes ("priori") de la experiencia. Cuando se razona utilizando axiomas, estamos utilizando el método apriorístico.

Sin la facultad del cerebro de aceptar verdades sólo porque éstas son acordes a la razón, jamás se hubiera desarrollado el lenguaje. Existe un área en el cerebro que está programada para aceptar, sin objeción, estas verdades apriorísticas o axiomáticas, y que es empleada en el aprendizaje y control del lenguaje: pero así como hay redundancia en los circuitos de neuronas, hay también facultad de sustitución de esta área por otras, lo que significa que la aceptación apriorística de verdades se extiende a cualquier tópico del pensamiento. Esto ha sido bueno, por ejemplo: Para las matemáticas, que se fundan en axiomas, como es el caso de la Geometría Euclidiana.

El principio aristotélico de la no contradicción,

establece "Una cosa no puede simultáneamente ser y no ser", es un axioma que sirve para explicar el principio apriorístico del simbolismo del lenguaje, o sea: la secuencia de los sonidos á-r-b-o-l significa un árbol y no otra cosa.

Pero el problema surge cuando, gracias a las creencias fijadas por los métodos anteriores, encontramos "acordes a la razón" enunciados y proposiciones falsas, podemos caer en el error de conclusión en elaborarlos y complejizar los razonamientos.

Este método de fijar creencias, es también un método natural, no racional, pero inteligente, podemos etiquetarlo como método semántico.

D. EL METODO DE LA CIENCIA.

Los anteriores "métodos de establecer creencias", en realidad constituyen hábitos de pensar. No son racionales pero sí inteligentes y originados en los niveles biológico, antropológico y semántico, que constituyen justamente, con el nivel racional, las características específicas del ser humano.

El mecanismo de pensar, que es la línea normal del pensamiento, es utilizada "intensamente" en los hábitos del inteligir pero la confiabilidad de sus conclusiones, sean éstas sólo analíticas, predictivas o decisivas, dejan mucho que desear por la calidad de las proposiciones en que son fundadas. El método de la ciencia termina con esta incertidumbre.

El fundamento científico de pensar, se basa en los siguientes aspectos principales:

1. Cuestionamiento extensivo y exhaustivo de cada una de las inferencias o deducciones utilizadas como proposiciones.
2. Idem. respecto a los hechos observados.
2. Idem. respecto a las conclusiones tentativas.
4. Idem. respecto a la conclusión definitiva.

En resumen: la diferencia básica es el "RIGOR" con que el pensamiento científico se desarrolla.

Los científicos son seres humanos, y como tales, sus prejuicios, complejos y creencias fijadas por los hábitos de pensar, pueden fácilmente inferir con el rigor de su Método.

Cuando ésto sucede, utilizan una de las defensas existentes para proteger sus complejos: la "racionalización" por medio de la cual introducen una proposición falsa que origina una conclusión acorde a sus creencias y complejos. En los casos de razonamiento, en los cuales las proposiciones son hechos experimentales, el científico puede descubrir por sí solo, sus falacias, pero cuando en la fundamentación del raciocinio deben utilizarse creencias, conocimientos inferencias y deducciones, es prácticamente imposible liberarse de las ataduras impuestas por los hábitos de pensar; quizá éste ha sido el impedimento que ha separado tanto la investigación y descubrimientos en el campo de las ciencias experimentales y el de las sociales.

La ciencia ha encontrado un método que permite minimizar ese riesgo: el trabajo en equipo de grupos disciplinados y multidisciplinarios. Las razones de por qué se minimiza, son obvias:

*Cada individuo está sujeto a complejos personales, específicos para él.

*Las creencias existentes en cada participante difieren, en parte de uno a otro, si bien en individuos de la misma cultura puede haber coincidencia en algunas.

Las deformaciones profesionales creadas por los hábitos de pensar de cada profesional o especialista del grupo, son mutuamente excluyentes.

La formación diferente agudiza el cuestionamiento, proposiciones y conclusiones.

Es de esperarse que los resultados y avances que logren estos científicos sociales, sean tan espectaculares y notables como los logrados por sus colegas de las ciencias experimentales.

EXPECTANCIA

III. Es la facultad que posee el hombre de prever el futuro utilizando para ello sus capacidades mentales de "recordar" y "razonar". La expectancia es un acto normal, cotidiano, y nada tiene que ver con los fenómenos paranormales de premonición, visionarios o de cualquier otra índole.

Prevedemos el futuro razonado, un ejemplo sencillo es la expectancia siguiente:

Una ama de casa que acaba de despachar a sus hijos a la escuela y al trabajo a su esposo, sabe lo que tiene que hacer, y en su mente, si lo desea, puede kalidoscópicamente tener una imagen de ella misma: lavando, limpiando, poniendo en orden cada cosa, su viaje a la tienda o al mercado, el saludo a los conocidos que sabe que encontrará, etc., a esta concepción del futuro se le llama "expectancia".

Poco podría hacer el hombre, si no fuera por sus expectancias que le permiten programar sus acciones, corregir los resultados de éstas, para alcanzar sus objetivos, que no son otra cosa que expectancias. La validez de una expectancia depende de la capacidad razonadora de quien la realiza.

Tenemos "expectancias" a corto, mediano y largo plazo. Como todas ellas son el resultado de una o varias conclusiones, tentativas, su especificación va siendo modificada correctivamente conforme a lo acaecido, convertido en "hecho".

verdadero", va cambiando la satisfacción que sentimos respecto a la misma, modificándola para hacerla satisfactoria.

Lo acaecido nada tiene que ver con la capacidad intelectual de quien hizo la expectancia, es el resultado de la estructura probabilística del Universo, que hace incierta toda expectancia, con mayor o menor grado, dependiendo de la probabilidad que tenga de ocurrencia cada uno de los eventos esperados para que se cumpla la expectancia prevista.

Así pues, cada expectancia la podemos representar como un punto final de una serie de puntos unidos por líneas rectas. Cada punto intermedio representa un punto determinado que debe acaecer para que pueda alcanzarse el siguiente punto: Pero como cada evento tiene un grado probabilístico de ocurrencia, nunca certeza, siempre es incierto el poder llegar al siguiente.

El primero en estudiar matemáticamente el problema, fue Markhoff y se conocen con el nombre de cadenas de Markhoff a las secuencias de eventos que conducen al final de la expectancia. El estudio de estas cadenas y de la computadora electrónica, han tenido como consecuencias el desarrollo de técnicas y metodologías para poder prever el óptimo camino en el logro de los objetivos lejanos en el tiempo, o para los cuales es necesario el cumplimiento predeterminado de un gran número de eventos, como por ejemplo, los métodos para programación PERT (utilizado en el programa "Apolo" de la NASA para poder poner al Hombre

en la luna), o el camino "crítico", muy usado en la programación de ejecución de proyectos concretos constructivos de fabricación industrial, expansiones empresariales, etc.

Los programas "PERT" o de "Ruta Crítica" tratan como "nodos" los eventos intermedios, porque el punto final de la "expectancia" deseada (cuando algún evento no se realiza, el camino debe ser trazado utilizando el evento sustitutivo) es la resolución a un problema.

Los métodos crudos del Pert y la Ruta Crítica, han sido perfeccionados y han surgido tecnologías de definición de expectancias, altamente sofisticadas y complejas, motivadas por la necesidad de fijar objetivos de acción en caso de guerras atómicas en diversos grados de escalamiento. En sí, el concepto de escalamiento bélico, es el resultado del análisis de los resultados obtenidos en la aplicación de estas metodologías.

La contra-parte pacífica de lo anterior es el nacimiento y desarrollo de las técnicas de la expectancia, conocido con el nombre de futurología. Desafortunadamente los trabajos desarrollados por los futurólogos son mantenidos celosamente en secreto, ya que las instituciones que los llevan a cabo, conocidas como "Thinks Thanks", los realizan bajo órdenes específicas de grandes empresas o del Gobierno, y la razón de que se mantengan en secreto, es la siguiente:

La futurología y su hermana mayor, la previsión de eventos bélicos, han generado, con base a las cadenas de

los procesos clásicos de Markhoff, una teoría llamada Teoría de Redes, la que permite conocer que no todos, en un sistema cibernético específico cualquiera, tienen específicas consecuencias sobre el comportamiento del sistema y por lo mismo puede preverse dicho comportamiento si existen medios para controlar la ocurrencia. Para clasificar lo anterior, basta un ejemplo sencillo:

Un automóvil es un sistema, y nosotros sabemos que ese vehículo en unos minutos saldrá guiado por alguien que nosotros no controlamos. Arribará a X horas a un determinado sitio, donde, con la llegada de ese alguien, ocurrirá cierto evento que nosotros necesitamos que ocurra, pero no antes de $2 X$ horas. El arribo de X horas, es una expectancia que tiene gran probabilidad de ocurrir.

De los miles de eventos que deben de ocurrir para que el auto se ponga en marcha, hay quizá decenas o cientos de ellos que pueden ser controlados por nosotros para retardar la partida del auto las X horas más que necesitamos. Ejemplo: En la secuencia de eventos que deben sucederse para que el vehículo se desplace, está el de que el motor se ponga en marcha, y dentro de los eventos que deben cumplirse para que ésto suceda, está el de fluir una corriente eléctrica entre la bobina y el distribuidor; si sabemos que un cable conector entre ambos componentes no puede ser conseguido en menos de 2 horas, y este conocimiento tiene un grado de certeza casi absoluto, entonces nos basta con quitar ese cable y retenerlo en nuestro poder; si tal acaecer es cierto que ocurra por las 2 horas que necesitamos

retardar, se cumplirá el evento de que el auto llegue a su destino en $2X$, suponiendo en todos los casos que $X=2$.

Es decir, conociendo los nodos de una red de cadenas probabilísticas de eventos requeridos, para que se cumpla una expectancia dada, podemos, mediante actos ejecutados sobre esa red, modificar en una amplia gama la expectancia desde su nulificación hasta su transformación completa de especificación de la misma, tanto en el material como en el tiempo o espacio que deberá ocurrir.

En cierta forma nuestros actos son los modeladores de nuestro futuro a nivel personal, ésto es fácilmente entendido, pero es más difícil detectar cómo un acto individual o casi individual, pueda modelar o crear un futuro en un sistema complejo como lo es la sociedad humana.

La futurología permite conocer las posibilidades de que una expectancia se realice en condiciones especificadas, y también, que eventos que tienen que cumplirse para que ésto suceda, así como los efectos que modificaciones menores en los nodos críticos, deben cumplirse para que las expectancias se transformen substancialmente o se nulifiquen.

EXPECTANCIAS DEL FUTURO Y
JUSTIFICACION DE LAS EXPECTANCIAS.

La presente tesis se funda sobre una serie de expectativas que han sido establecidas sobre el proceder de empresas o grupos industriales y el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica, que sabemos han realizado amplios estudios futuroológicos en relación a la crisis del petróleo, y en deducciones e inferencias llevadas a cabo en el presente trabajo, sin que se hallan empleado técnicas de futuroología, pero sí los sistemas analíticos de investigación de operaciones.

La expectativa en la cual se basa esta tesis, es:
APLICACION DE LAS CELDAS SOLARES A LA VIDA COTIDIANA.

Las siguientes circunstancias (hechos y deducciones) fueron analizados rigurosamente, para llegar a la conclusión de nuestra expectativa.

* El consumo actual del Silicio se realiza en la industria de los semi-conductores, parte de la rama de la Industria Electrónica. El consumo en el año de 1979 fue aproximadamente de 62,009 toneladas.

* Todos los hechos que han pasado, se han presentado en anteriores crisis de energéticos de carácter universal; se han cumplido en el caso del petróleo, agravado por la circunstancia de que en las anteriores crisis, los recursos a agotar eran renovables y el petróleo es un recurso no renovable.

* La oposición social a las plantas atómicas, es de carácter neurótico, de hecho una planta termoeléctrica que consuma hidrocarburos o carbón, libera a la atmósfera más carbono radioactivo, carbono 14, que la radioactividad que pueda escapar de las atómicas, tomando en cuenta las probabilidades de accidentes, como estuvo a punto de ocurrir en la planta de Three Mile Island en 1979.

* Las empresas de la Industria de la Energía Eléctrica, están confrontando la crisis del petróleo desde su inicio; desde 1975 a la fecha, no han construido una sola planta termoeléctrica que utilice petróleo (o sus derivados) a pesar de que en el petróleo, de 1975 a la fecha, han ampliado su capacidad instalada en 70% (160 Gigawatts).

* Si las empresas eléctricas se lanzan por la preferencia de celdas fotovoltaicas, existe mucha investigación y desarrollo en sistemas de generación y almacenamiento, más que en sistemas de generación y almacenamiento de energía solar.

* Las empresas de energía eléctrica están actuando para no verse afectadas por la crisis del petróleo, muchas de ellas ya no dependen del petróleo en absoluto; en términos generales, en países desarrollados la industria es dependiente del petróleo en un 50% aproximadamente, y su acción, fundada en sus expectativas futuroológicas, se está encaminando con decisión hacia las celdas fotovoltaicas en el espacio.

CAPITULO III

LUZ SOLAR:
DISTRIBUCION ESPECTRAL O ENERGETICA

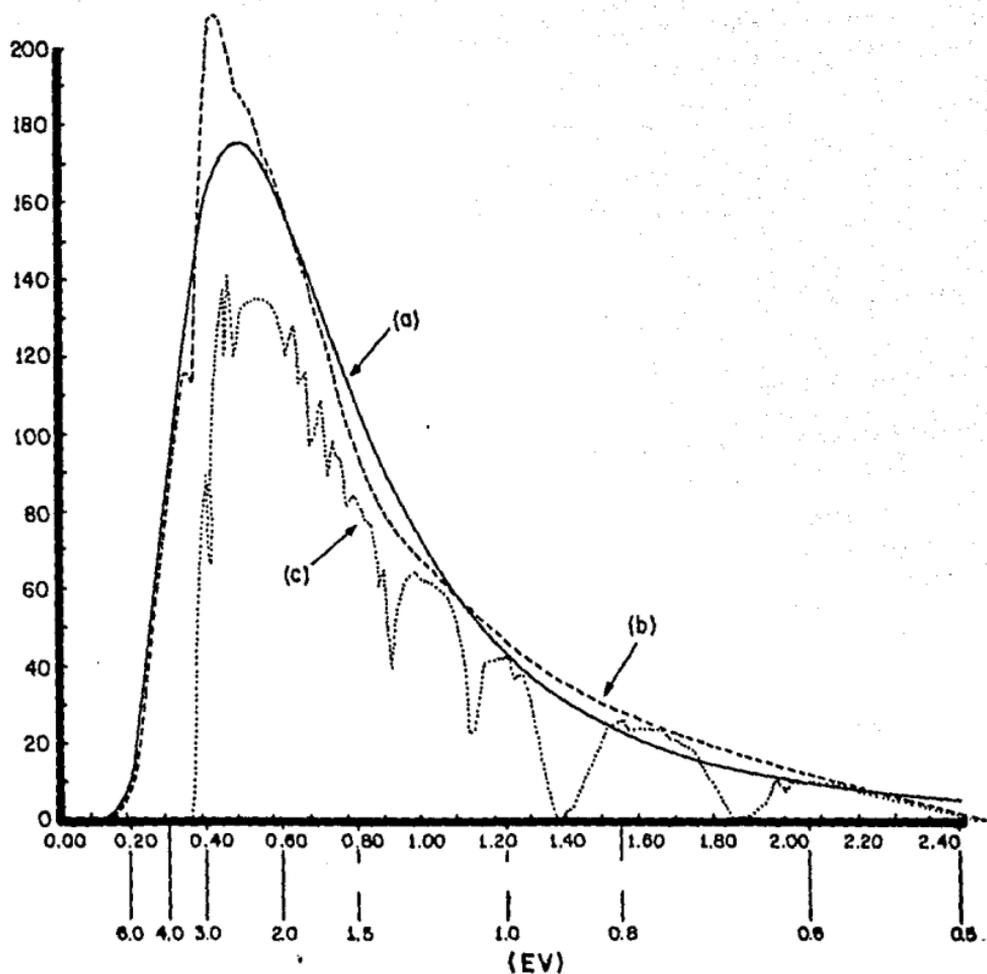
Es necesaria la descripción de la radiación emitida por el sol, pues dicha radiación es el combustible que hará funcionar las celdas solares, su conocimiento mínimo facilitará el entendimiento de cómo funcionan las celdas y algunas de sus limitaciones teóricas y prácticas. La distribución espectral o energética de los fotones que constituyen la luz solar que llega a la parte exterior de la atmósfera terrestre, se puede aproximar a la radiación emitida por un cuerpo negro que estaría a una temperatura de 5760° K. Sin embargo, la distribución espectral de la luz que se recibe en la superficie terrestre, es modificada por la absorción de los diferentes componentes de la atmósfera. Así, la radiación solar recibida al nivel del mar es de aproximadamente $1\text{Kw}/\text{m}^2$ (1.3 caballos de potencia/ m^2) con la distribución espectral o energética que se muestra en la siguiente figura, de la cual se observa que la energía de los fotones que llegan a la superficie de la tierra, oscila entre 3.5 y 0.5 V. El número de fotones para cada energía es directamente proporcional a la ordenada de la curva para la energía correspondiente. A partir de esta curva es posible estimar el número de fotones obtenidos y contenidos en el espectro solar con energía mayor o igual a cualquier valor E_0 , predeterminado, tales fotones se corresponden con el número total de fotones que contiene el espectro a la izquierda del valor arbitrario E_0 . Como ejemplo véase la tabla que acompaña al dibujo*, donde se da el número de fotones contenidos en el espectro solar con energía mayor o igual a unos valores -

* Página 66.

arbitrarios. Como puede inferirse, el número de fotones se reduce conforme el valor de E_0 . de la energía mínima de éstos se aumenta. Lo anterior establecerá un límite en la fotocorriente que se puede obtener en una celda solar.

La siguiente tabla explicativa se refiere al dibujo mencionado de la página 66, que muestra la distribución espectral de la luz solar.

<u>E_0 (eV)</u>	<u>Número de fotones</u>
	<u>con $E_7 = E_0$</u> <u>($\text{cm}^{-2} \text{seg}^{-1}$)</u>
0.34	5.0×10^{17}
0.68	4.2×10^{17}
1.07	2.8×10^{17}
1.45	1.8×10^{17}
2.25	5.8×10^{16}



En la figura observamos la distribución espectral de la luz solar fuera de la atmósfera, curva (b); a nivel del mar, curva (c); y radiación de un cuerpo negro a $T = 5760 \text{ K}$: (a).

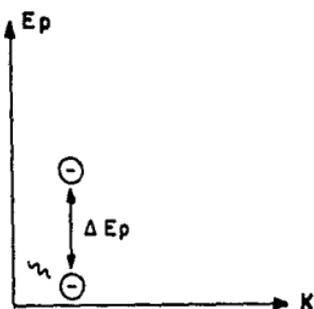
EFFECTOS FOTOVOLTAICOS

Absorción de la luz, separación de cargas.- El efecto fotovoltaico, entendido como la aparición de una diferencia de potencial entre dos puntos de un material o dispositivo, por efecto de iluminación, requiere al menos, de la incidencia de dos fenómenos: Absorción de la luz por el material o dispositivo en cuestión, y que de alguna manera se de una circunstancia de carga eléctrica en una dirección preferencial.

En esta sección se analizará cómo ocurre el fenómeno de absorción de la luz en los materiales semi-conductores, y de qué manera hay circulación de carga eléctrica en una dirección preferencial en la estructura semiconductor específica que constituye el elemento básico de la celda solar actual; la unión p-n (que justamente sólo se puede realizar con esos materiales).

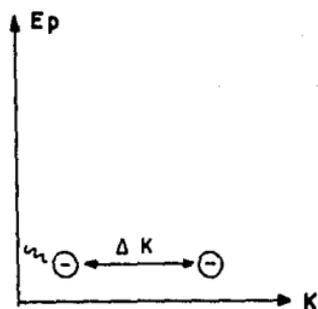
De entre los diferentes mecanismos mediante los que un material puede absorber la luz, hay uno de interés particular para la conversión de la energía solar en electricidad. En él, la absorción de un fotón se realiza cuando éste interacciona con un electrón de material absorbente, y el resultado de esa interacción se manifiesta mediante un incremento temporal de energía potencial que posee el electrón dentro del sólido, sin que la absorción del fotón traiga como consecuencia un cambio de energía cinética, o bien éste sea despreciable con el cambio de energía potencial. La cantidad en que el electrón puede aumentar su

FOTOVOLTAICA



En esta figura vemos que la absorción de luz por un material en que los electrones incrementan su energía potencial

FOTOTERMICA



En esta otra la absorción de fotones mediante el incremento de energía cinética de electrones, lo que provoca un aumento de temperatura del material.

energía potencial es una constante para cada material, denominada E_g . Entonces, el incremento de energía potencial temporal que puede obtener un electrón es independiente a la energía del fotón, siempre que ésta sea mayor o igual al valor de E_g característico del material en cuestión. Tal mecanismo se ilustra al principio de esta página. Si los fotones incidentes tienen una energía E_f mayor que la constante E_g , la diferencia de energía $E_f - E_g$ se disipa en el sólido aumentando su temperatura. Cuando la energía E_f de los fotones incidentes es menor que E_g , éstos serán absorbidos.

La absorción de la luz anteriormente descrita, es la que no tiene lugar en las celdas solares. Es necesario aclarar que no todos los materiales absorben fotones e incrementan la energía potencial de sus portadores de carga

o electrones. La siguiente tabla muestra los materiales más comunes y su E_g correspondiente. Todos ellos tienen la característica de ser semiconductores.

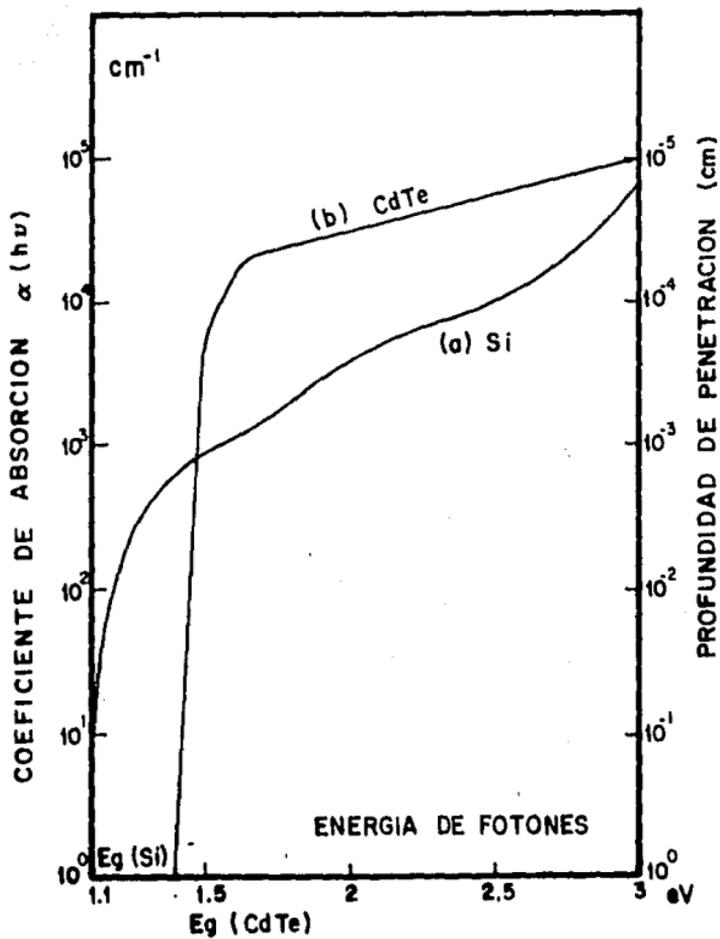
<u>M A T E R I A L</u>	<u>Símbolo</u>	<u>E_g (eV)</u>
Arseniuro de Aluminio	AlAs	2.15
Fósforo de Aluminio	AlP	2.45
Antimoniuro de Aluminio	AlSb	1.6
Sulfuro de Cadmio	Cds	2.42
Teluro de Cadmio	CdTe*	1.5
Selenuro de Cadmio	CdSe	1.7
Fósforo de Galio	GaP	2.25
Arseniuro de Galio	GaAs**	1.4
Antimoniuro de Galio	GaSb	0.72
Antimonio de Indio	InSb	0.8
Fósforo de Indio	InP*	1.3
Silicio	Si*	1.1
Silicio amorfo	Si (a)	1.3-1.6
Selenuro de Zinc	ZnSe	2.67
Teluro de Zinc	ZnTe	2.28
Sulfuro de Cobre	Cu ₂ S	1.1

* Se han producido celdas con eficiencia mayor al 10%.

** Eficiencia de celdas solares mayor a 20%.

COEFICIENTE DE ABSORCION (ALFA) Y
PROFUNDIDAD DE PENETRACION DE LA LUZ (PI).

Es indispensable aclarar que, si bien es cierto que - un fotón de energía E_f es mayor o igual a E_g , únicamente



Coefficiente de absorción y profundidad de penetración de fotones en función de su energía para silicio (a) y Teluro de Cadmio (b)

produce un incremento de energía potencial del electrón igual a E_g , el exceso de energía del fotón, con respecto a E_g , tiene consecuencias sobre la "rapidez" con que ocurre la absorción. Esto se manifiesta a través del coeficiente de absorción y profundidad de penetración de los fotones, cuyos conceptos se detallan en la página anterior, mismos que tienen una importancia capital en lo que más adelante designaremos como respuesta espectral de la celda solar.

Cuando un material semiconductor es iluminado, parte de la luz incidente es reflejada y el resto penetra en el semiconductor. La luz que penetra puede ser absorbida o no, según sea que la energía de sus fotones resulte mayor o menor que E_g , respectivamente. En el caso de que E_f sea menor que E_g , la luz no será absorbida y se considera que puede viajar a una distancia prácticamente infinita dentro del semiconductor. En este caso se dice que, la profundidad de penetración (π) es infinita y el coeficiente de absorción (α) es igual a 0.

Para el caso de que E_f sea mayor que E_g , los fotones son absorbidos, pero antes recorren una distancia media que depende del exceso de energía del fotón con respecto a E_g , de tal forma que cuanto mayor es el exceso de energía, menor es la distancia recorrida antes de ser absorbidos. Esta distancia es función de parámetros intrínsecos al semiconductor en cuestión. La figura de la página anterior muestra la profundidad media de penetración de la luz en función de la energía de los fotones, para dos semiconductores diferentes, Silicio y Teluro de Cadmio, curvas (a)

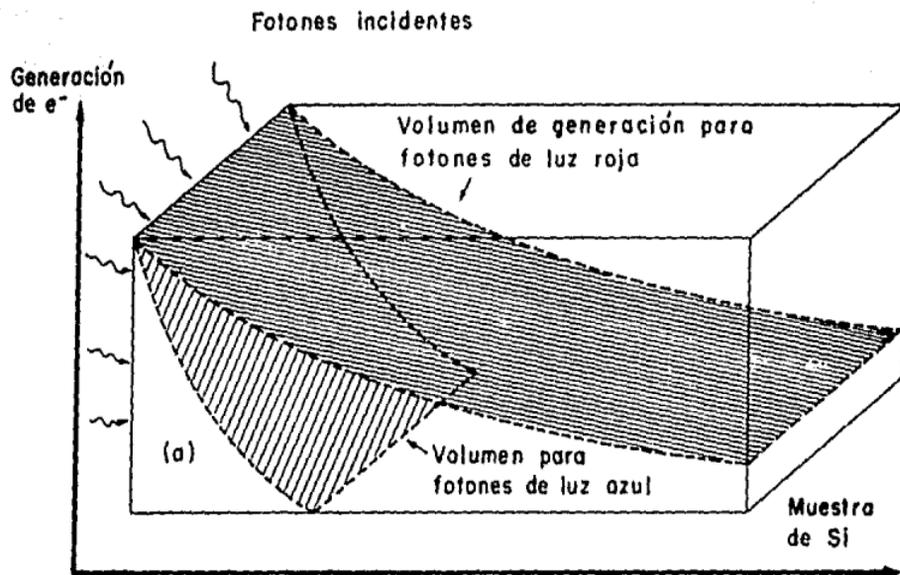
y (b). El coeficiente de absorción se puede definir, en general, como el inverso de la profundidad media de penetración. Las curvas muestran también el coeficiente de absorción para tales semiconductores.

Dicho coeficiente se utiliza para establecer la ley que gobierna la variación de la concentración o número de fotones dentro del material, en función de su número inicial, y la energía de cada fotón. Esta ley se representa por la siguiente ecuación (1):

$$Nf(x) = N_0 e^{-\alpha x}$$

en la que N_0 es el número de fotones que entró en el semiconductor; $Nf(x)$, el número en el punto x dentro del semiconductor medido a partir de la superficie; y α es el coeficiente de absorción para estos fotones.

La profundidad media de penetración de la luz tiene consecuencias en el desempeño de una celda solar. Esto se debe a que habrá electrones excitados en regiones muy diferentes del semiconductor, según la energía del fotón que los excitó. Además la celda será iluminada con luz solar, la cual tiene fotones en una amplia gama de energías, así que éstos serán absorbidos en una región grande de profundidades. Como se verá más adelante, esto da lugar a una sensibilidad espectral de la celda que requiere ser señalada y explicada. La figura siguiente muestra el volumen de fotoexcitación de electrones para 2 haces de fotones de energías diferentes en Silicio.



Volumen de absorción de fotones (excitación de portadores de carga) en silicio para fotones de luz roja y azul.

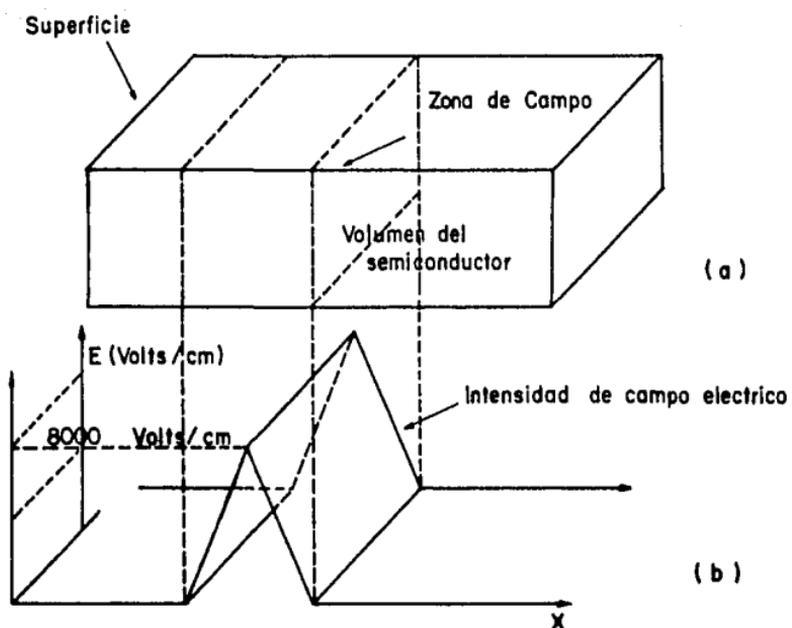
En resumen, tenemos que en los semiconductores, la penetración media de la luz varía según la energía de los fotones; la absorción de luz se realiza incrementando temporalmente la energía potencial de los electrones. Dicha temporalidad varía desde 10^{-10} y 10^{-3} segundos (diez mil millonésimas a milésimas de segundo). Durante ese tiempo los electrones excitados pueden moverse a una distancia media con respecto al punto donde fueron excitados, que varía generalmente entre .01 a 500μ (millonésimas de metro). Esta distancia es propia de cada semiconductor e independiente de la energía del fotón que excitó al portador de carga. Pasado ese tiempo, el portador excitado decae a su estado base, emitiendo un fotón o entregando la diferencia de energía al material en forma de vibraciones, que aumentan su temperatura.

DIRECCION PREFERENCIAL DE MOVIMIENTO DE LOS PORTADORES DE CARGA ELECTRICA.

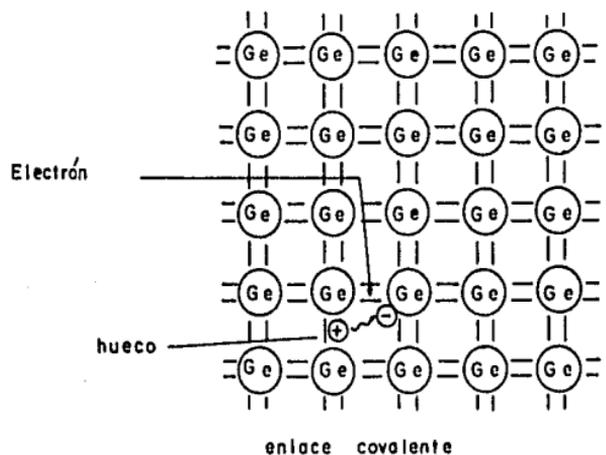
Ahora describiremos cómo ocurre el fenómeno de circulación preferencial de los electrones fotoexcitados, en materiales semiconductores. Esto requiere un conocimiento mínimo de lo que es un semiconductor y sus propiedades más importantes; sin embargo, si se hacen algunos supuestos, el análisis fenomenológico que nos interesa es directo y sin complicaciones. Con la intención únicamente respecto del efecto fotovoltaico y evitar confusiones aportadas por algún concepto en torno a los semiconductores, se ha pensado que es más prudente partir de la aceptación de las siguientes suposiciones:

i) Es posible establecer dentro de los semiconductores, y en las regiones perfectamente localizadas, campos eléctricos permanentes sin necesidad de baterías externas. La figura a del siguiente esquema ilustra un semiconductor con la región del campo eléctrico típica, y la figura b muestra la variación y valor típico del campo eléctrico de la función x , la profundidad en el material.

ii) El sitio que ocupaba un electrón fotoexcitado se comportará como una carga positiva, (segundo esquema de la siguiente página) por lo que al proceso de absorción de la luz, mediante este mecanismo, se le designa como creación de un par electrón-hueco (positivo).



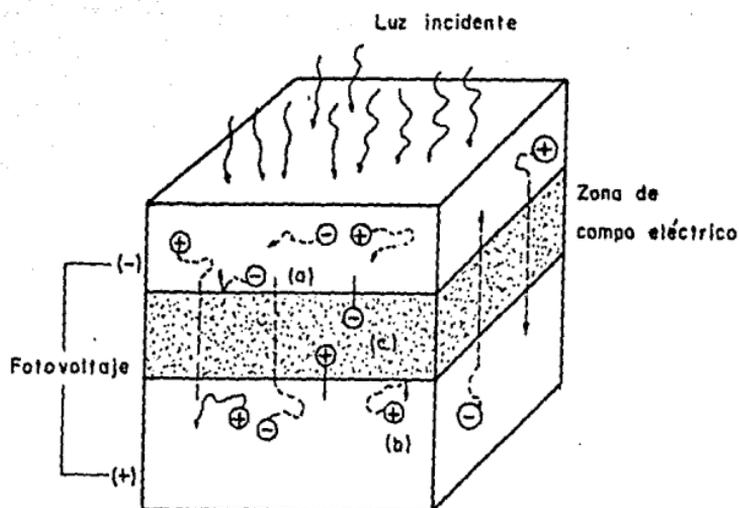
En esta figura observamos la región de campo eléctrico permanente en un semiconductor, (a) y gráfico de la intensidad del campo eléctrico permanente (b).



Esquema que muestra un electrón fotoexcitado y como su sitio vacío se comporta como una casi carga positiva.

A partir de las suposiciones anteriores, y con la figura siguiente, donde se ilustra el movimiento de un electrón fotoexcitado, es fácil entender la existencia de una dirección preferencial de movimiento de portadores de carga. Para ésto, consideremos, como se ilustra en dicha figura, que la región donde ocurre la fotoexcitación de portadores, contiene la zona de campo eléctrico permanente, pero que el electrón en cuestión fue generado en la vecindad de dicha zona de campo (inciso a), de manera que antes de caer a su estado base puede entrar en la zona de campo o ser barrido a la región situada arriba de la zona de campo eléctrico, lo que da lugar a la denominada fotocorriente; mientras la carga positiva queda en la región localizada en la parte inferior de la zona de campo (inciso b), lo que trae como consecuencia la aparición de una diferencia de potencial entre las dos regiones debido a ese electrón fotoexcitado que fue barrido por el campo. Esto constituye el efecto fotovoltaico.

Así, se tiene que el efecto fotovoltaico es la aparición de una diferencia de potencial entre dos regiones de un semiconductor, debida a la absorción de la luz, creando electrones y huecos (positivos) y separación mediante un campo eléctrico interno permanente. Una vez expuesto el efecto fotovoltaico, que es la base de la celda solar, a continuación analizaremos la celda solar en sí misma.



Esquema de la estructura de una celda sola que muestra: Absorción de luz mediante la generación de pares electrón-hueco (a), su separación (c) y la acumulación de carga negativa (a) y positiva (b) a uno y otro lado de la región de campo eléctrico permanente.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CELDA SOLAR

La celda solar es, fundamentalmente, un dispositivo construido a base de semiconductores, en el que se trata de optimizar el efecto fotovoltaico para lograr la mayor conversión de energía luminosa de origen solar, en electricidad. La figura de la página 82, esquematiza la estructura básica de la celda solar y el fenómeno de generación de fotocorriente y fotovoltaje debido a la absorción de la luz y la separación de las cargas excitadas mediante el campo eléctrico permanente.

El esfuerzo de optimización antes señalado se aplica a todos los constituyentes. Entre los más importantes se tienen, el material semiconductor mismo, en los aspectos intrínsecos (E_g) y en los modulables tecnológicamente; la posición del campo eléctrico permanente con respecto a la superficie donde incidirá la luz; la técnica para la realización del proceso que da lugar al campo señalado; los metales que, perfectamente adheridos al semiconductor, constituyen los conductos de recolección de la corriente eléctrica, separada por el campo eléctrico interno; la transmisión de la corriente al exterior de la celda; y las películas de acople óptico para reducir al mínimo las pérdidas por reflexión de la luz en la superficie de la celda. La figura muestra la estructura básica y común de la celda de Silicio. Usando este esquema se explicará la función de cada una de las partes constitutivas.

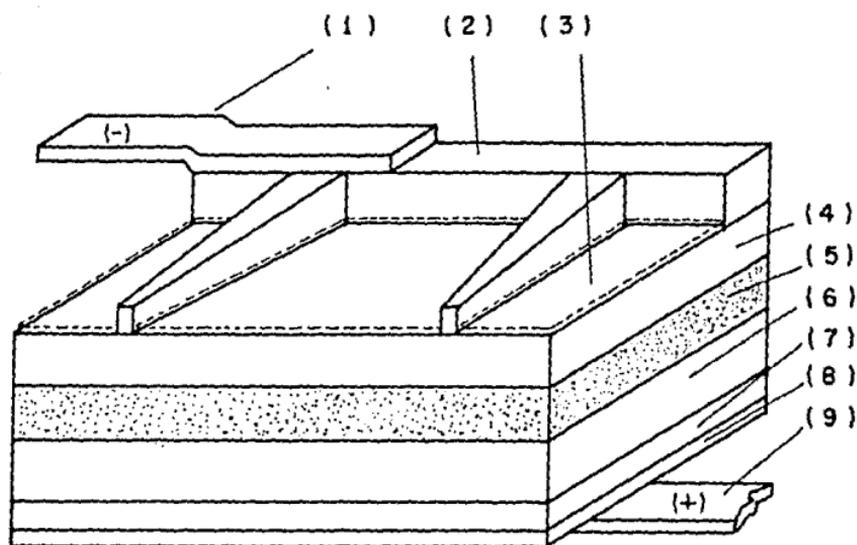
1. Electrodo superior de interconexión.- Su función es la de asegurar el medio de conexión con la carga eléctrica que debe hacer funcionar, o bien, para interconectar celdas.

2. Contacto drenador de la fotocorriente.- Recoge la fotocorriente producida por la zona de campo eléctrico permanente (en forma de reja, peine o malla), a fin de que deje pasar la luz, que ésta penetre y genere pares electrón-hueco. El área de este contacto es generalmente menor al 10% del área en la celda expuesta al sol.
3. Película antirreflejante.- Su función es reducir al mínimo las pérdidas por reflexión de la luz en la superficie del semiconductor. Tiene un espesor aproximado de 750Å.
4. Región de semiconductor de conductividad N (que transporta la corriente eléctrica por medio de electrones).- Al ponerse en contacto con el material semiconductor (p), región 6, da lugar a la zona de campo eléctrico, región 5. El espesor de ésta varía generalmente entre mil y 5mil Å, dependiendo de la celda y el material que la constituye.
5. Zona de campo eléctrico permanente.- se origina al poner en contacto un semiconductor N y un semiconductor P. Este campo eléctrico es el que separa las cargas negativas y positivas, generadas por la absorción de la luz, produciendo una fotocorriente y una fototensión. Su extensión es del orden de 3 mil-10 mil Å.

6. Región de semiconductor P (conduce la corriente eléctrica por medio de cargas positivas).- Al ponerse en contacto con la región N origina la zona de campo eléctrico permanente. Su espesor mínimo está determinado por las propiedades del semiconductor; en el Silicio son del orden de 0.1-0.5 mm, y en el Arseniuro de Galio, del orden de 0.002-.01 mm.
7. Región del semiconductor sobre impurificada (P⁺) Produce un efecto de espejo eléctrico que refleja los electrones excitados hacia la región del campo permanente, aumentando la fotocorriente y otros efectos que mejoren la celda.
8. Contacto metálico posterior.- Hace la misma función del contacto 2 pero sobre el material semiconductor P; en este caso el contacto cubre completamente la superficie de la celda.
9. Electrón de interconexión.- Con él se cierra el circuito eléctrico y es equivalente a 1.

Según lo que hasta aquí se ha visto, es evidente que las partes más importantes son el material semiconductor mismo y la zona de campo eléctrico permanente. Sin embargo, todos los elementos constitutivos restantes son objeto de igual atención por parte de los especialistas de la teoría y tecnología de las celdas solares.

CONTACTO



Estructura de la célula solar de silicio actual. 1 y 9: electrodos de interconexión; 2: rojo de contacto eléctrico a través de lo cual pasa la luz (espesor $E = 0.010 \text{ mm}$); 3: película antirreflejante ($t = 0.00008 \text{ mm}$); 4: semiconductor N ($t = 0.0005 \text{ mm}$); 5: zona de campo eléctrico permanente ($t = .001 \text{ mm}$); 6: semiconductor P ($t = 0.300 \text{ mm}$); 7: semiconductor p+ ($t = 0.005 \text{ mm}$); 8: contacto de extracción de corriente

RESPUESTA ESPECTRAL

La respuesta espectral de una celda solar es la propiedad que establece la dependencia de la sensibilidad o capacidad de la celda para convertir los fotones en electricidad, en función de su energía o su longitud de onda. A continuación se explicará más ampliamente en qué consiste y a qué se debe dicha característica de las celdas solares.

En la sección donde se trató la absorción de la luz, se establecieron las características que presenta ésta en los semiconductores. Los aspectos más importantes fueron los siguientes:

- i) Los fotones penetran una distancia media antes de ser absorbidos, determinada por la energía del fotón. Esta distancia fija el volumen de generación o fotoexcitación de pares de electrón-hueco en el seno de cada celda.

- ii) Una vez que el electrón o hueco ha sido excitado, permanece en tal condición un tiempo pequeño, y durante ese tiempo se desplaza una distancia media. Esta última distancia no debe confundirse con la penetración del fotón. Ambos, el tiempo de excitación y la distancia recorrida, son características del semiconductor y no dependen de la energía del fotón que los excitó, ni del sitio en el que ocurrió la excitación (considerando que el semiconductor es homogéneo).

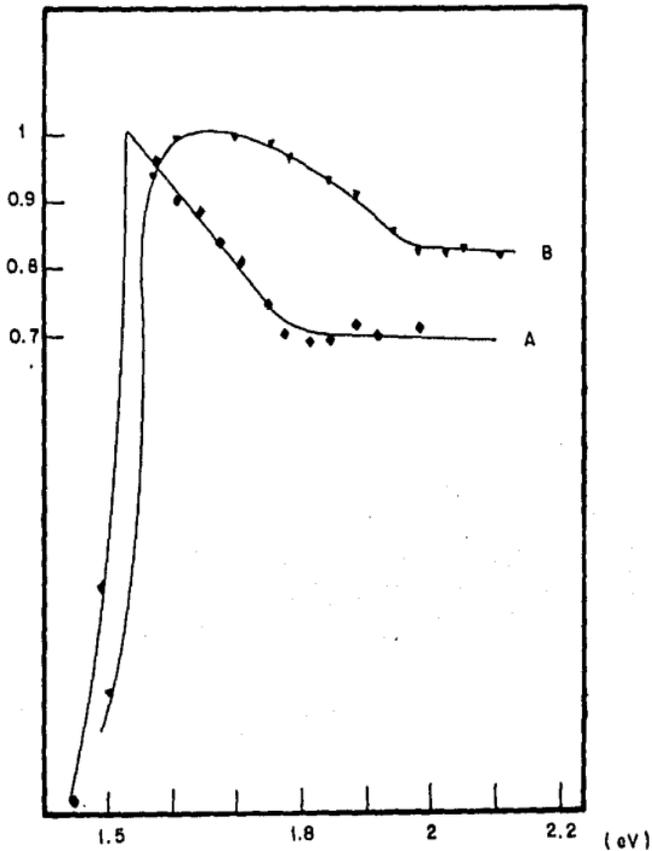
iii) Por otro lado, se tiene que, una vez manufacturada una celda solar, la posición donde se encuentra el campo eléctrico permanente es fija.

Con los comportamientos anteriores, se llega directamente al fundamento de la respuesta espectral. Considérese dos fotones, uno de energía E_1 , ligeramente mayor a E_g , y otro de energía E_2 , mucho mayor a E_g . De acuerdo al párrafo anterior, el primer fotón será absorbido a una distancia grande dentro del semiconductor y el segundo fotón será absorbido muy cerca de la superficie, por lo que el primero tendrá que recorrer una distancia mayor que el segundo para llegar a la zona de campo eléctrico. La consecuencia es que el primero tendrá una mayor probabilidad de desaparecer ("des-excitarse") que el segundo, y así, estadísticamente, los fotones de primer tipo lograrán introducir menos electrones en la zona de campo, que los segundos. Esto es lo que establece la definición tecnológica de respuesta espectral que se dio previamente.

El cociente que se obtiene de dividir el número de electrones fotoexcitados que introdujeron al campo fotones de una energía E_i , entre el número total de fotones de esa energía que entraron en la celda, es lo que se conoce como el rendimiento cuántico interno de la celda:

$$Q(E_i) = \frac{\text{Número de electrones introducidos al campo eléctrico/cm}^2 \text{ seg.}}{\text{Número total de fotones de energía } E_i \text{ que entraron en la celda.}}$$

La figura de la página siguiente muestra dos curvas de respuesta espectral para celdas solares hechas de Teluro de Cadmio. La celda que dio lugar a la curva A tiene la región de campo permanente más profunda (retirada de la superficie) que la celda que generó la curva B.



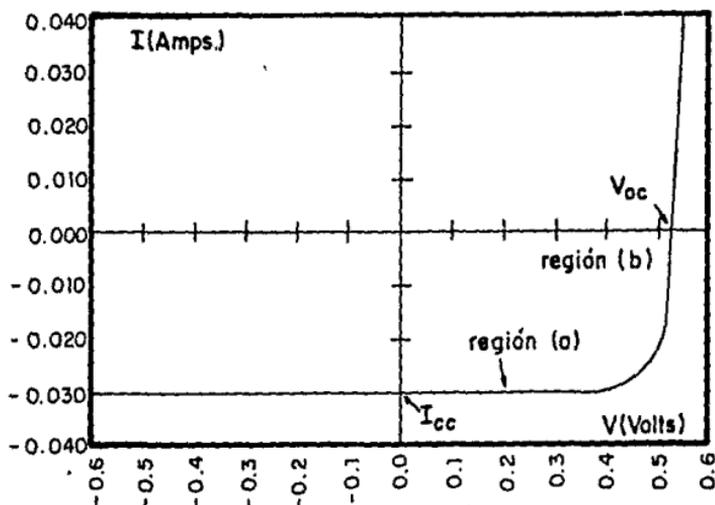
Respuesta espectral relativa de dos celdas solares a base de CdTe, la celda A tiene la region de campo electrico permanente mas profunda que la celda B.

LEY QUE GOBIERNA LA
POTENCIA ENTREGADA POR LA CELDA SOLAR

En toda celda solar existe una relación entre la fotocorriente que entrega y el fotovoltaje que existe entre sus terminales en ese mismo momento, es decir, que el fotovoltaje y la fotocorriente no son cantidades que puedan tomar valores, independientes entre sí. Hay una relación entre ellos expresada en la ecuación 2:

$$I_f = I_{cc} - I_0 \left(e^{\frac{-q V_f}{kT}} - 1 \right) \quad q = 1.66 \times 10^{-19} \text{C}$$

En esta ecuación, I_f es la fotocorriente que circula por la carga eléctrica; I_{cc} es la corriente máxima que puede generar la celda (que es una constante para la misma) e intensidad de iluminación dadas; I_0 es una constante generalmente pequeña ($I_0 = 10^{-2}$ Amp/cm² en celdas de Silicio); V_f es el fotovoltaje en las terminales de la celda cuando entrega la fotocorriente I_f ; q es la carga del electrón; k es la constante de Boltzman, y T es la Temperatura Absoluta a la que se encuentra la celda solar. En la siguiente figura se muestra la curva I_f en función de V_f para una celda solar de Silicio. En esta curva se tienen dos regiones perfectamente determinadas: i) la región a, en la que la fotocorriente permanece prácticamente constante, con un valor igual a I_{cc} , independientemente del valor del fotovoltaje entre sus terminales; ii) la región b, en que la fotocorriente decrece de manera exponencial hasta el valor igual a cero. (recuérdese que para la fotocorriente se debe de cumplir $0 \leq I_f \leq I_{cc}$).



Curva I_f versus V_f para una celda solar de silicio de 1cm^2 de superficie iluminada con luz solar.

En esta curva hay dos puntos particularmente interesantes. El primero es aquél en que V_f es cero. Sustituyendo esta condición en (2) tenemos que I_f es igual a I_{cc} . Obsérvese que para tener V_f igual a cero se requiere hacer un cortocircuito en las terminales de la celda; esto quiere decir que cuando se realiza dicho cortocircuito, circula por el alambre una corriente I_f igual a I_{cc} .

En términos generales y matemáticos se tiene:

$$V_f = 0 \text{ (condición de cortocircuito)}$$

Sustituyendo en 2:

$$I_f = I_{cc}$$

Este punto se conoce como punto de condición de cortocircuito de la celda solar. Generalmente I_{cc} es del

orden de 30mA/cm² para una celda de Silicio bajo iluminación solar. El segundo punto es aquél en el cual I_f es igual a cero. Sustituyendo ésto en la ecuación 2 y despejando V_f , se obtiene:

$$V_f = V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_{cc}}{I_0} \quad (6)$$

Para una celda de Silicio $V_{oc} = 0.06$ volts, y para una de Arsenuro de Galio, $V_{oc} = 1.0$ volts, bajo iluminación del sol. Este punto se conoce como punto de condición de circuito abierto de la celda solar, y se utiliza para determinar el voltaje máximo que ésta puede proporcionar con una intensidad luminosa dada.

La potencia eléctrica que proporciona la celda solar es el producto de la fotocorriente I_f por el fotovoltaje V_f entre sus terminales. Esto se establece con la ecuación:

$$\text{Potencia Eléctrica} = I_f \times V_f \quad (7)$$

Si se sustituye en la ecuación (7) la expresión para I_f , es decir, la ecuación 2, obtenemos la expresión analítica para la potencia entregada:

$$P_l = V_f \left(I_{cc} - I_0 \left(e^{\frac{qV_f}{kT}} - 1 \right) \right) \quad (8)$$

Los términos que aparecen en esta ecuación han sido definidos anteriormente. A partir de la ecuación 8 es posible hacer una gráfica de potencia entregada en función

del voltaje entre las terminales de la celda V_f . La siguiente gráfica (página 91), muestra dos regiones y tres puntos interesantes. Las regiones son:

La región de V_f , comprendida entre $V_f=0$ y $V_f=V_M$, en la que la potencia entregada crece de manera lineal con V_f hasta un valor máximo P máxima.

La de V_f comprendida entre $V_f=V_M$ y $V_f=V_{oc}$, en la que la potencia entregada decrece de manera exponencial desde P máxima hasta cero.

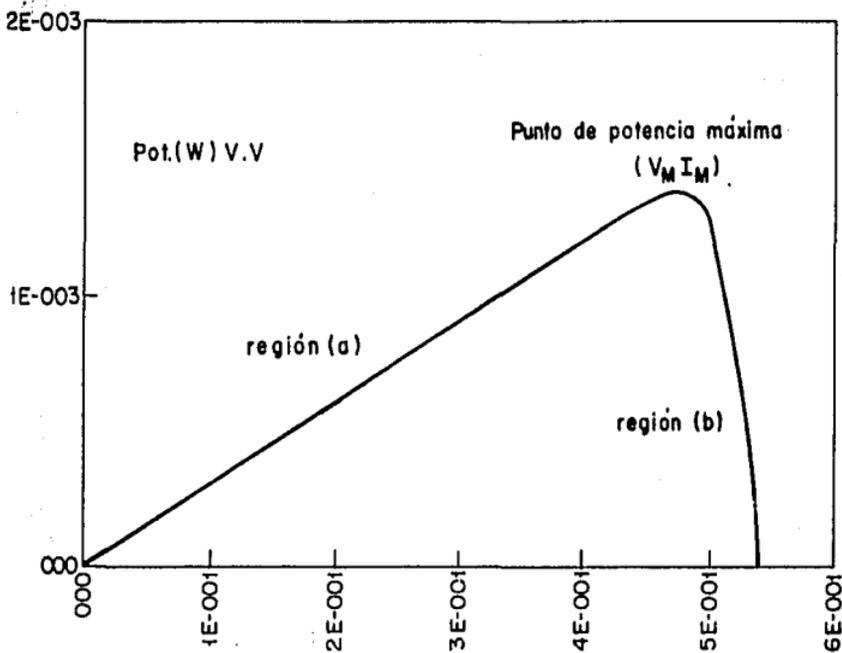
Y los puntos interesantes:

Los dos en los que la potencia entregada es igual a cero, que ocurren para $V_f=0$ y V_{oc} . Estos puntos coinciden, respectivamente, con el otro circuito. Es decir, la celda no entrega potencia.

El tercer punto interesante es aquél en el que se tiene la potencia máxima. En él la celda entrega una fotocorriente I_m y un fotovoltaje V_M , lo cual conduce a pesar que si se desea la máxima potencia de la celda, hay que hacerla actuar sobre una carga eléctrica que tenga una resistencia dada por la ecuación:

$$R = V_M / I_m \quad (9)$$

que se conoce como resistencia óptima de carga.



Gráfica que muestra la potencia que entrega la celda en función de voltaje entre sus terminales

DEPENDENCIA DE LA FOTOCORRIENTE Y EL
FOTOVOLTAJE CON LA INTENSIDAD LUMINOSA

En la ecuación 2 se estableció la relación que existe entre I_f y V_f para toda celda solar, se consideró a I_{cc} como un constante. En esta sección, I_{cc} depende, de manera lineal, de la intensidad luminosa que incide sobre la celda solar. Es decir, si designamos E_l como el flujo luminoso, o sea el número de fotones por cm^2 por segundo, que incide sobre la celda, I_{cc} es función de FL mediante una expresión del tipo de una recta que pasa por el origen,

$$I_{cc} = A FL \quad (10)$$

donde A es una constante.

De esta ecuación se infiere que, si para una intensidad luminosa dada tenemos una fotocorriente, cuando se duplica o triplica la intensidad luminosa incidente, la fotocorriente se duplica o triplica en la misma proporción.

En cuanto al fotovoltaje, a partir de la expresión 2, se puede despejar V_f . La ecuación que se obtiene es la siguiente:

$$V_f = \frac{kt}{q} \ln \frac{I_{cc} - I_f}{I_0} ; \quad (11)$$

observe que el fotovoltaje depende logarítmicamente de I_{cc} , y por consecuencia, de FL . Ello establece que variaciones de FL producen pequeñas variaciones de V_f .

MODULOS: ARREGLOS EN SERIE Y EN PARALELO DE CELDAS SOLARES

Las celdas solares que se encuentran actualmente en el mercado de dispositivos electrónicos, son generalmente hechas a base de Silicio, lo cual determina que el voltaje de potencia máxima correspondiente, resulta ser, bajo iluminación solar:

$$I_M = 30 \text{ mA/cm}^2.$$

Como puede notarse, la fototensión es muy pequeña para usos prácticos, por lo que se procede a la realización de arreglos donde se colocan varias celdas solares en serie, hasta que se alcanza la tensión o voltaje deseado. En el caso de la corriente, se procede de manera similar con arreglos en paralelo.

Actualmente se realizan celdas de 7.5-10 centímetros de diámetro que generan fotocorrientes en el punto de potencia máxima, del orden de:

$$I_M = 1.0 - 2.0 \text{ amperes}$$

Generalmente no se realizan montajes con celdas solas, sino con módulos, los cuales son un arreglo de las celdas en serie. Como por ejemplo, se cita el módulo que produce Cinvestav, que tiene un arreglo de 36 celdas en serie y entrega una potencia eléctrica de 18 Watts a 18 volts.

ALIMENTACION SOLAR

BASES PARA EL CALCULO DE LA CANTIDAD DE LUZ DISPONIBLE.

La cantidad de luz solar recibida en una determinada región, no requiere de grandes cantidades de dinero y complicados estudios, ya que se han hecho mapas de insolación por regiones para el territorio nacional, tanto por la Secretaría de Recursos Hidráulicos a través del Servicio Meteorológico Nacional, como por instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México y algunas otras casas de estudios. Generalmente, estas cartas pueden determinarse para el cálculo del número de celdas solares requeridas para cualquier aplicación en particular.

Se deben tomar algunas precauciones al utilizar las gráficas de insolación. El primer problema es, que la iluminación solar incidente está registrada en langley. Es fácil obtener la conversión de langleys a watt-hora, pero es una consideración. Las gráficas publicadas, generalmente representan la luz solar recibida en un metro cuadrado en la superficie terrestre, esto es, la energía incidente en un plan horizontal. Las celdas solares se inclinan de manera que interceptan la mayor cantidad de energía posible a través de todo el año. Por lo tanto el arreglo solar inclinado interceptará generalmente mayor energía que su equivalente horizontal a la superficie de la tierra. En muchos casos de medición de radiación solar se expresa el promedio de números de horas del sol, pico, por día para una región en particular. Las figuras de radiación se han corregido para trabajar un panel solar que se ha

inclinado 45 grados y orientado hacia el sur. Se ha comprobado que ésta es la mejor orientación en la mayor parte de la República Mexicana.

Requisitos de carga.- Generalmente el rango de potencia de un dispositivo eléctrico está dado en watts. Esto, por supuesto, es el rango de consumo de energía eléctrica por día, de un dispositivo, se especifica en watt-hora o en Kw/hora.

La mayoría de los sistemas incluyen un banco de baterías que proporcionan un voltaje de salida constante. Por esta razón debemos especificar adecuadamente el consumo de potencia de un dispositivo eléctrico en término de amperes. En este caso la energía diaria requerida estará dada en ampere-hora.

Teniendo el requerimiento de energía en ampere-hora es más fácil el dimensionar el generador fotovoltaico para una carga particular.

Si la carga requiere de una corriente constante, el problema es demasiado sencillo. En nuestro caso, al utilizar un generador solar para alimentar el circuito, y suponiendo que el circuito consumiera 3 amperes, la corriente consumida en un día (24 horas) es:

$$\text{ampere-hora} = 3 \text{ amps} \times 24 \text{ hrs} = 72 \text{ amp-hora.}$$

Carga intermitente.- Muchas veces la carga conectada al generador no es constante durante las 24 horas del día.

Esto es: en caso de que el tablero de informes únicamente se requiera de 6:00 am a 10:00 pm por ejemplo, significará 16 horas diarias, y el resto del tiempo estará desconectado, ya que en esas horas no se labora y, por tanto, nadie requerirá del servicio en ese lapso.

La forma más fácil de determinar la corriente promedio, así como la carga total diaria en ampere-hora, es haciendo una tabulación de la cantidad de corriente consumida en las diferentes horas del día, durante las 24 horas de éste. Por lo tanto, nuestro consumo se ve reducido a:

$$\text{Los - Ampere-hora} = 3 \text{ Amps} \times 16 \text{ hrs.} = 48 \text{ amp-hora.}$$

Para obtener el promedio, únicamente necesitaremos dividir el consumo total de corriente entre 24 horas.

$$\text{Amperes promedio} = \frac{48 \text{ Amps-hrs}}{24 \text{ horas}} = 2 \text{ Amps.}$$

Cálculo del Sistema.- Conociendo el promedio de horas pico de sol, para un lugar determinado y los requisitos de carga promedio por día en ampere-hora, se puede calcular la corriente total de salida que deberá entregar el generador solar. Las siguientes ecuaciones muestran cómo debe hacerse dicho cálculo:

$$\frac{\text{Promedio de carga diaria}}{\text{Horas pico de sol}} \times 1.2 = \text{Amperes requeridos.}$$

El factor de 1.2 se incluye para considerar las inevitables pérdidas del sistema. El número de paneles solares necesarios para proveer dicha corriente, puede

obtenerse al dividir la corriente total entre la corriente de salida de cada panel. Esto es:

$$\text{Total de p\u00e1neles solares} = \frac{\text{Amperes requeridos}}{\text{Corriente de cada panel.}}$$

Bater\u00edas.- Aun cuando la informaci\u00f3n no va a ser manejada durante todo el d\u00eda, se requiere tener un almacenamiento de energ\u00eda para las horas en que es necesario alimentar al sistema, en el caso de que se trabaje a horas no convenientes para las celdas solares, como lo son los d\u00edas nublados.

La funci\u00f3n de una bater\u00eda en un generador el\u00e9ctrico solar es doblemente importante. La bater\u00eda debe suministrar energ\u00eda a la carga cuando no se dispone de luz solar, y debe eliminar todas las variaciones de la carga. Todos los p\u00e1neles solares deben alimentar el promedio de carga requerido diariamente, naturalmente, toda esta clase de energ\u00eda ser\u00e1 generada durante las horas soleadas del d\u00eda. Las bater\u00edas almacenar\u00e1n la energ\u00eda y la har\u00e1 disponible a la carga cuando as\u00ed se requiera.

Existen muchos tipos de bater\u00edas, cada una tiene sus ventajas y limitaciones. Las bater\u00edas generalmente se clasifican en dos tipos generales -bater\u00edas primarias y bater\u00edas secundarias-. La bater\u00eda primaria es aquella que no se puede recargar y \u00e9stas no sirven para prop\u00f3sitos de generadores solares. La bater\u00eda secundaria es una bater\u00eda recargable varias veces.

Existen diferentes tipos de baterías recargables, disponibles en el mercado. La selección de un tipo de batería en particular, envuelve varias consideraciones. Algunas de estas consideraciones son:

- Voltaje requerido
- Corriente requerida
- Inventario de Operaciones
- Capacidad de ampere-hora
- Rango de temperatura de operación
- Tamaño y peso
- Vida útil
- Costo

Tipo de baterías.- El tipo de baterías más comunmente usado en generadores solares de electricidad, es la batería de plomo ácido. La batería del automóvil es un ejemplo de este tipo. Hasta comparaciones recientes, las baterías de plomo-ácido tuvieron una unidad de ventilación con tapas removibles usadas para volver a llenar el electrolito. Este tipo de baterías es probablemente el tipo más económico. Pueden proporcionar corrientes relativamente altas y un voltaje muy constante por largos periodos de tiempo. Tienen las limitaciones de que requieren mantenimiento periódicamente, operaciones pobres a muy bajas temperaturas, y liberan gas hidrógeno durante el periodo de carga. En muchas aplicaciones, el gas hidrógeno puede crear una atmósfera explosiva.

Diversos tipos de baterías de plomo ácido selladas, han venido apareciendo en años recientes. Estas son generalmente más caras que las baterías con respiraderos, pero la eliminación del mantenimiento puede justificar el costo adicional. Las baterías automotrices selladas tienen una garantía de cinco años libre de mantenimiento. Estas baterías se recomiendan para muchos usos con generadores de energía solar.

Un tipo de baterías de plomo-ácido sellada usa un electrolito sólido. Aunque estas baterías son selladas, el sello es tipo poroso, que expelle los gases, liberando la presión interna. Con ésto se evita el riesgo de explosión del sistema. Durante la carga normal y los ciclos de descarga, la presión nunca será lo suficientemente grande para hacer el destape.

Existen dos tipos diferentes de baterías que utilizan electrolito sólido. Un tipo es diseñado para baterías que estarán flotando a través de la línea todo el tiempo y que proporcionarán energía, sólo cuando la fuente falle. El otro tipo se diseña para ciclos de carga y descarga regulares.

Para cargas pequeñas, el tiempo más común de batería de almacenamiento, es la batería de níquel-cadmio. Esta es la batería común que se encuentra en calculadoras y radios de transmisión. Una de las desventajas del níquel-cadmio, es que tiende a desarrollar una memoria. Si es continuamente operada con el mismo patrón carga-descarga,

tiende a entregar el mismo patrón siempre. Por ejemplo, si una batería de níquel-cadmio es operada en una aplicación donde deba descargarse aproximadamente 25% antes de recargarse, tenderá a liberar esta capacidad para descargarse abajo de aproximadamente el 25%

PROGRAMA GENERAL.

Se describieron algunos factores que se deben considerar al seleccionar una batería para cualquier generador solar de electricidad. En la práctica, el mejor método es tener contacto con los fabricantes de baterías para que recomienden el tipo de batería para la aplicación a tratar. La siguiente información dará una idea general de cómo los diferentes requisitos para cualquier aplicación afectan la clase y el tipo de batería.

VOLTAJE REQUERIDO.

Una batería no debe de proporcionar voltajes mayores a los demandados por los equipos que están siendo alimentados. Esto, generalmente se previene con el uso de un circuito regulador de voltaje en el equipo. Otra consideración acerca del voltaje, es que muchos equipos electrónicos no operarán al 100% cuando el voltaje de alimentación esté abajo de cierto valor.

CORRIENTE REQUERIDA.

En muchas aplicaciones la corriente consumida será constante. En otras, el sistema requerirá que se le alimente una corriente grande por cortos periodos de tiempo. General-

mente, los acumuladores de níquel-cadmio, son ideales para proporcionar pequeños picos de corriente, pero la batería de plomo-ácido también satisface estos requisitos.

TEMPERATURA DE OPERACION.

La mayoría de las baterías recargables trabajan correctamente a una baja temperatura. Las baterías de plomo-ácido trabajan a menores temperaturas que las de níquel-cadmio. Por otro lado, la salida de las baterías tiende a disminuir la temperatura. Por esta razón, en muchas aplicaciones donde las baterías serán expuestas a bajas temperaturas, como elevadas altitudes, requiere de una capacidad adicional de baterías por este factor.

TAMAÑO Y PESO.

En muchas aplicaciones de generadores eléctricos solares, el tamaño del cuarto donde se almacenarán las baterías no representa gran problema. Una notable excepción es cuando un microgenerador se usa para alimentar pequeñas corrientes.

CAPACIDAD DE AMPERES-HORA.

Probablemente la consideración más importante, al seleccionar una batería para un generador eléctrico solar, es la capacidad de ampere-hora. En principio, la batería debe tener la suficiente capacidad de ampere-hora para alimentar la carga bajo condiciones de pobre iluminación solar que recargue dicha batería. En pequeñas aplicaciones, la situación es bastante sencilla, pues que es fácil hacer un sobredimensionamiento de las baterías.

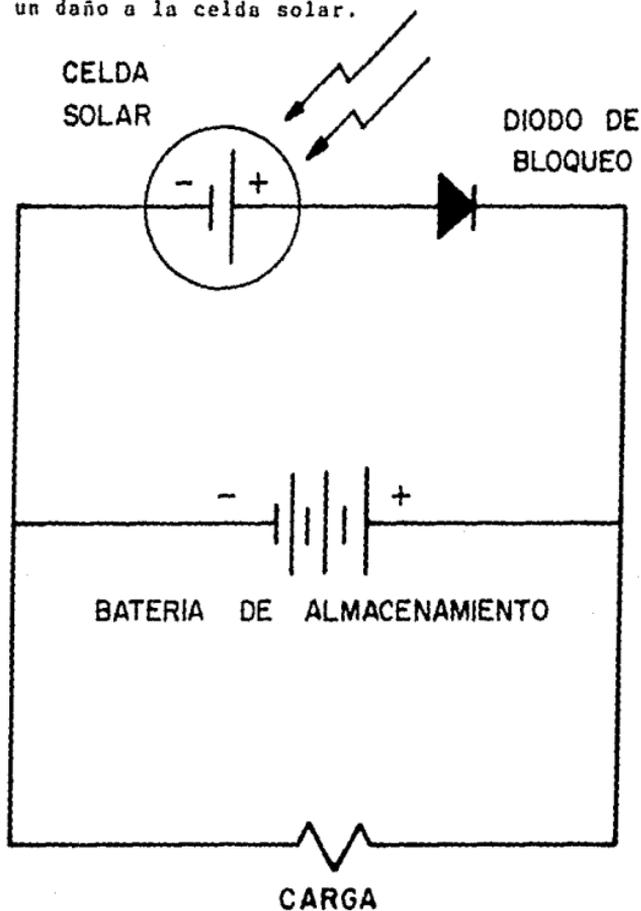
En aplicaciones grandes, donde las baterías representan una considerable inversión, es usual, sin embargo, hacer un análisis detallado de los requisitos que se deben invertir en baterías que no serán más que las necesarias.

La capacidad ampere-hora de una batería, es generalmente especificada junto con algunas horas estándar de referencia, algo así como diez o veinte horas, lo que significa que esa batería tiene una cierta capacidad ampere-hora si se descarga a un cierto rango. Si la corriente demandada es baja, la capacidad también será baja, por ejemplo, suponiendo que la batería tenga una capacidad de 80 amperes-hora y un rango de referencia de 10 horas. Esto significa que, cuando la batería esté completamente cargada, proporcionará una corriente de 8 amperes por 10 horas. Si la corriente es mayor a 8 amperes, la capacidad disminuirá. La relación entre la capacidad de la batería y la corriente descargada que puede proporcionar, se obtienen de la literatura del fabricante.

EL SISTEMA COMPLETO.

En la figura siguiente se muestra un diagrama de un generador solar completo. Cabe hacer notar que está incluido un diodo entre la celda solar y la batería de almacenamiento. El propósito del diodo es, asegurar que la corriente sólo fluya de la celda solar a la carga. Esto es, que sólo exista flujo de corriente cuando la celda solar reciba energía luminosa. Si no se colocara el diodo, cuando el voltaje producido por la celda fuera cero, una corriente proporcionada por la batería fluiría a través

de la celda solar. Esto produciría una descarga de la batería y un daño a la celda solar.



En las aplicaciones en las que la celda pueda generar mayor energía de la que la carga consume, es conveniente colocar un regulador, con el objeto de proteger las baterías de una sobrecarga.

CAPITULO IV

MICROCOMPUTADOR DEL TABLERO ELECTRONICO DE INFORMES

Antes de hacer el desglose a nivel bloques, veamos cómo se comporta un CPU, y cómo nos ayudaría en el desarrollo de este proyecto.

Desde el microcomputador se enviarían las señales hacia la tableta de despliegue de informes, pudiendo así programar el despliegado que saldría de esta última, es decir: Desde una terminal (TTY), se enviarían los datos hacia el microcomputador, procesándose en este último y mandándose hacia la parte del "DISPLAY".

Como sabemos, la memoria ROM es la que contiene el sistema operativo y las tablas, mientras la memoria RAM, nos sirve para guardar la información que se va a mandar a desplegar.

Se utiliza un "TIMER" para poder controlar las frecuencias de transmisión y recepción, para no recurrir a una serie de divisores de frecuencia TTL, como se hacía anteriormente, ya que es menos maniobrable.

En el puerto serie se conecta una terminal, vía comunicación de datos determinada RS232-C, y se introduciría la información. Por otro lado, a través del puerto paralelo, se envía la información desde el microcomputador hacia los "DISPLAY'S".

Si se quisiera usar un comparador de clave de acceso, se sugeriría que estuviera a la entrada del sistema con el objeto de que hubiera una protección para el encendido. Dicho comparador podría ser de diferentes formas: Llave de acceso, Tarjeta Perforada, o por medio de cinta magnética. La protección puede ser variada y muy compleja, pero no es el objeto de este estudio caer en los pormenores de dicha protección, bastará con saber que se puede hacer, y que para ello existen una infinidad de métodos.

Del "Display" se hablará en el Capítulo V, y de la conexión con todo el conjunto, en el Capítulo VI.

Ahora bien, una vez detallado el por qué del uso del microcomputador, explicaremos y desglosaremos en cada una de sus diferentes fases el mismo.

EL MICROCOMPUTADOR

Cualquier microcomputadora consta de una CPU (Unidad Central de Proceso), que es la encargada de procesar la información y del control de dispositivos que forman parte del mismo, así como también de una memoria y de dispositivos de entrada/salida.

Todo CPU tiene conectado un cristal con el cual se tendrán controlados los pulsos necesarios para enviar o recibir información. Ahora bien, el control de los dispositivos de entrada/salida se basa en el funcionamiento de un "timer" anexo al sistema.

Existen diferentes tipos de CPU. A veces las podremos encontrar en un sólo circuito, o en varios. La lógica que lo constituye es diferente de un microprocesador a otro, pero básicamente está formado por tres partes, que son:

- Unidad Lógico Aritmética
- Unidad de Control
- Registros.

UNIDAD LOGICO ARITMETICA.

También denominada ALU, es donde se ejecutan las operaciones matemáticas, y su complejidad dependerá del nivel de operaciones que se realice.

UNIDAD DE CONTROL.

Controla los movimientos internos y externos del microcomputador.

REGISTROS.

Dentro de los cuales tenemos dos grandes divisiones: De propósito general, que es donde el usuario está trabajando, e internos, que son reservados por el mismo Microcomputador.

En resumen, la CPU manda y recibe señales de información a través del canal de datos bidireccional (como se muestra en la figura de la página siguiente), genera un canal de dirección para que en base a estas señales se puedan seleccionar los diferentes dispositivos de entrada-salida y memoria. Genera señales de control a los demás dispositivos y recibe señales de éstos.

MEMORIAS.

La memoria (que puede ser ROM, EPROM y RAM), es un dispositivo destinado para almacenar programas y datos que son suministrados a la CPU cuando ésta lo demanda. Una memoria se caracteriza por:

- Un conjunto de celdas para almacenar en cada una de ellas un "bit" de información. Las celdas pueden ser organizadas en grupos de 1, 4, 8 o 16 celdas.
- Un dispositivo de acceso que nos permite la lectura de la información contenida en un grupo de celdas. Las memorias se clasifican según su acceso, como:
 - * Acceso Directo o Aleatorio.
 - * Acceso Secuencial (cinta magnética).
 - * Asociativas (Disco, en general).

Según las operaciones que se pueden efectuar con la información contenida en sus celdas, las memorias se clasifican en la forma que sigue:

- * Memorias Vivas.
- * Memorias Muertas.

Memorias de acceso directo.- En este grupo tenemos a las memorias Ram, Prom, Eprom y Eeprom. La memoria (Random Acces Memory), se encuentra en el grupo de las memorias vivas y puede ser Ram estática y Ram dinámica.

Ram estática, es una memoria de lectura y escritura que utiliza un flip-flop tipo D, para almacenar un "Bit", y no se degenera la información con el tiempo. Esta memoria mantiene la información mientras se tenga un suministro de energía, pues de no ser así, la información se pierde.

Ram dinámica, es una memoria de lectura y escritura en donde la información almacenada se degenera en el tiempo, aunque esté alimentada, y es preciso un refresco para que no se pierda la información. Este tipo de memoria utiliza un capacitor para almacenar un "bit".

Las memorias ROM (Read Only Memory) se encuentran en el grupo de las memorias muertas, y pueden ser PROM (Programmable ROM), EPROM (Erasable PROM), y EEPROM (Electrically EPROM).

ROM son memorias programadas durante su fabricación mediante máscaras; este tipo de memorias no puede borrarse

y es utilizado en sistemas operativos o monitores, o bien puede ser muy útil para el almacenamiento de tablas de datos de cualquier tipo.

PROM.- Son memorias programables por el usuario, se compran en estado virgen y el usuario las graba según sus necesidades.

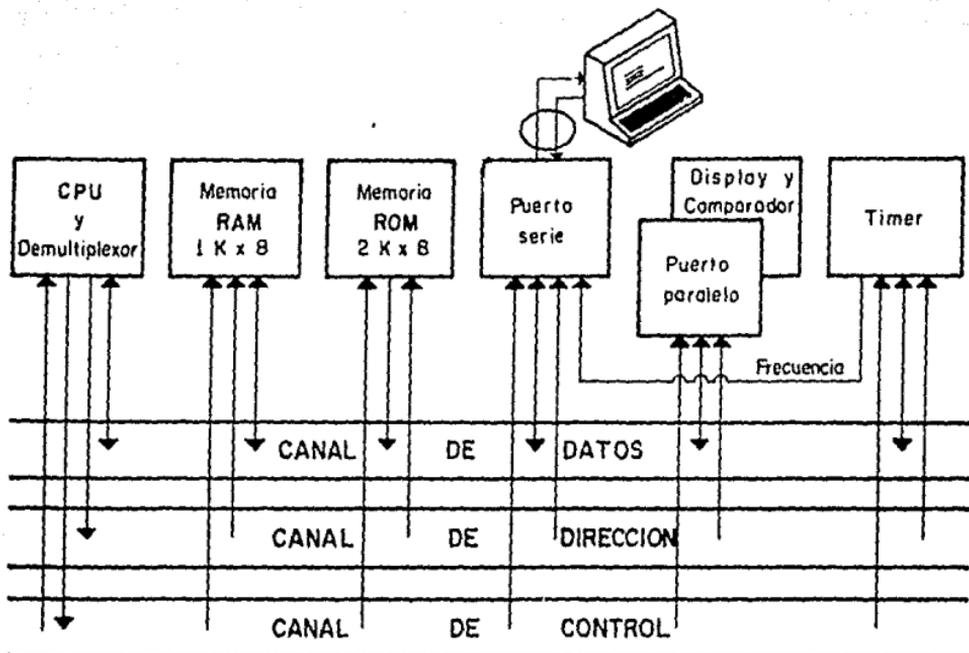
EPROM.- Son memorias PROM que pueden ser borradas y reprogramadas varias veces. Para borrar una memoria EPROM, sólo es necesario aplicar rayos ultravioleta en la pequeña ventanilla, por unos 10 o 15 minutos.

EEPROM.- Son memorias de funcionamiento análogo a las EPROM, excepto en que se pueden borrar eléctricamente en lugar de usar rayos ultravioleta.

PUERTOS DE ENTRADA/SALIDA.

En los sistemas de microcomputadores, de cualquier tipo de comunicación que se establece con la CPU, se lleva a cabo a través de ciertos dispositivos a los que se conoce con el nombre de dispositivos de entrada-salida. Estos dispositivos proveen el medio de comunicación, para que el CPU pueda comunicarse con el exterior.

Toda información que en determinado momento va a ser procesada por la CPU, es percibida a través de los dispositivos de entrada. De la misma forma, una vez que la información es procesada, la CPU la envía a dispositivos de salida correspondientes, para comunicar los resultados obtenidos en el proceso.



DISEÑO DEL MICROCOMPUTADOR

Existen dos tipos de entrada-salida que permiten que la información sea manipulada por la CPU. De acuerdo al tipo de comunicación que se establezca, se determina el tipo de dispositivo que se ajuste a las necesidades del sistema. Estos dos dispositivos de entrada-salida son:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| ENTRADA/SALIDA SERIE | - Síncrona |
| | - Asíncrona |
| ENTRADA/SALIDA PARALELO | - Con señales de control. |
| | - Sin señales de control. |

PERIFERICOS.

Los periféricos son dispositivos que generan señales al microcomputador, y que pueden convertir las señales de tal forma que el usuario visualice los resultados.

Es necesario poder tener la información requerida en el momento, para lo cual se utiliza, por lo regular, como dispositivos de salida, el teletipo de impresión, pantallas, "display's", unidades de disco duro y flexible, cinta magnética perforada, según sea el caso.

Como dispositivos de comunicación de entrada, se cuenta con: el teclado, tarjetas, cinta, unidades de disco, "diskettes", etc.

Para llevar a cabo ésto, es necesario decodificar las señales para poderlas traducir al lenguaje máquina y lenguaje usuario.

NUESTRO ESQUEMA

La siguiente tabla muestra los circuitos usados en nuestro sistema:

<u>CIRCUITO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>DESCRIPCION</u>
8085	1	1.5 Watts	CPU
8212	1	0.55 Watts	Demultiplexor
2114	2	1 Watt	Memoria RAM Estática 1 K X 8
2716	1	0.525Watts	Memoria EPROM 1 K X 8
8251	1	1 Watt	Puerto Serie
8255	1	1 Watt	Puerto Paralelo
8253	1	1 Watt	Display y Comparador
TOTALES	<u>8</u>	<u>6.575Watts</u>	

EL 8085:

El CPU está definido por el chip 8085, el cual aceptará entradas de interrupción, así como la entrada del canal de datos de 8 bits, el canal de dirección de 16 bits y el canal de control.

Características:

- la velocidad de proceso (ciclo básico de instrucción) es de 1.3 microsegundos.
- El sistema de interrupciones (presenta tres líneas de interrupción enmascarables por el programa y una línea de interrupción de alta prioridad y no enmascarable).

Mayor simplicidad de uso:

- Alimentación de un sólo voltaje (5 volts).
- Generador de reloj incluido en el CHIP.
- Decodificador de estados incluido en el CHIP.

El 8085 está encapsulado en un CHIP de 40 patas, por lo que, para poder ofrecer las señales de control, está multiplexado el canal de datos, con el canal de dirección, en su parte baja. El canal de datos del microprocesador, es sólo de 8 líneas, por lo que se envían los 8 bits bajo la dirección. Esto da lugar a que haya que disponer de biestables fuera del CHIP, que memorizan la parte baja de la dirección.

De todas formas, Intel ofrece toda una serie de produc

tos de memoria y dispositivos de E/S directamente conectables al 8085, que incluyen los biestables de la parte baja de la dirección. Estos dispositivos, orientados específicamente al 8085 son:

8155 - 256 RAM ESTÁTICA: 1 PTO. DE 6 BITS, 2 PTOS. DE 8 BITS CADA UNO, Y 1 TEMPORIZADOR DE 14 BITS.

8755 - 2 K X 8 BITS EPROM Y 2 PUERTOS DE 8 BITS. CADA UNO DE ELLOS, PROGRAMABLES.

Con el uso de los dispositivos, puede realizarse un sistema completo de dos chips, por supuesto, más el 8085.

C A P I T U L O V

DISPLAY DEL TABLERO DE INFORMES

Para poder desplegar la información, disponemos de dos opciones:

- 1.- LED'S
- 2.- CRISTAL DE CUARZO.

En este capítulo se demostrará cada una de las ventajas y desventajas del LED y del CRISTAL DE CUARZO, con el objeto de llegar a una conclusión, y escoger cuál de ellos sería más útil en nuestro desarrollo:

LED'S.

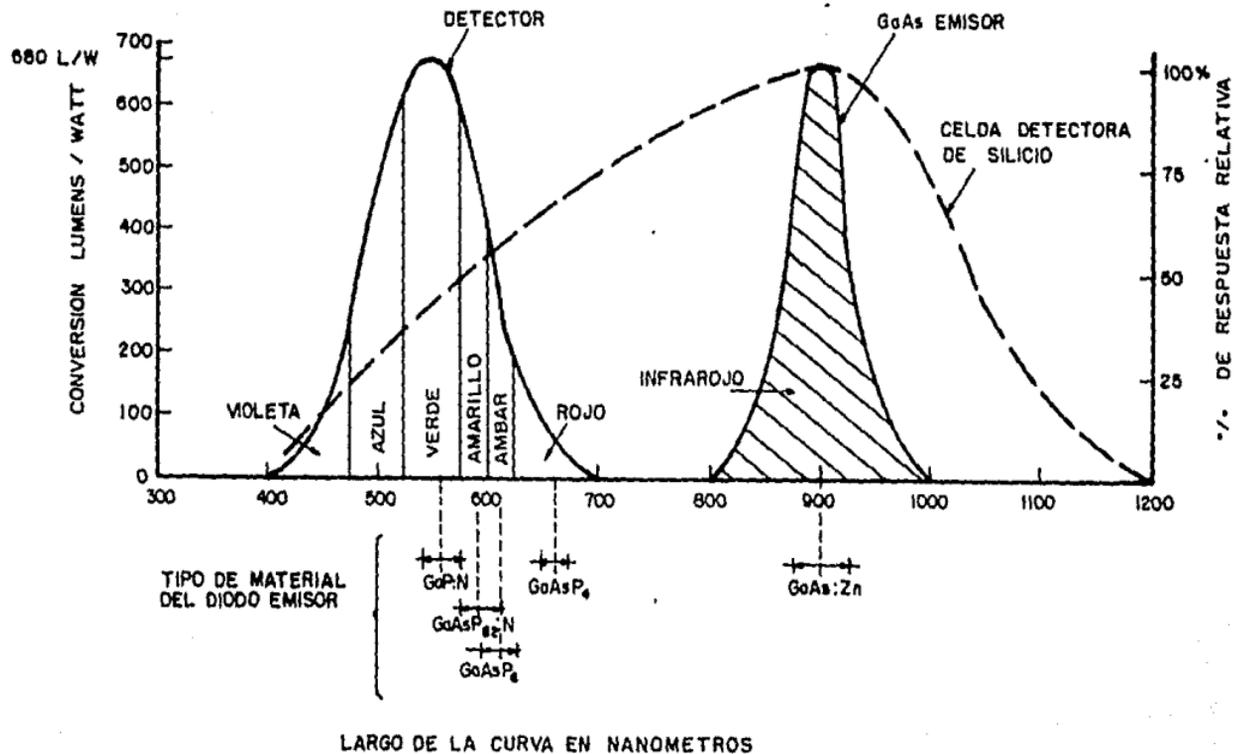
Los Led's son diodos emisores de luz, que pueden formarse en matrices o ser alfanuméricos.

Históricamente hablando, el silicón y el Germanio fueron los primeros materiales semiconductores utilizados para hacer la juntura P-N, sin embargo, últimamente se ha recurrido a utilizar el Galio, ya que tiene una serie de ventajas sobre los primeros, pero la mayor habilidad considerada es que el fluido del electrón produce la luz directamente.

Cada material semiconductor se mide por una constante denominada E_g característica, y la longitud de emisión de luz depende de esta magnitud. Ejemplo:

<u>MATERIAL</u>	<u>LONGITUD DE ONDA</u>	<u>COLOR</u>
GaAsZn	9000 Å	Infrarrojo
GaAsP	6600 Å	Rojo
GaAsP ₅	6100 Å	Ambar
GaAsP _{85:n}	5900 Å	Amarillo
GaP:N	5600 Å	Verde

El voltaje requerido por un diodo es de 1.5 y la corriente respectiva aproximada es de 13 miliampers, así es que, conforme vaya creciendo nuestra red de Led's, el voltaje y la corriente requerida será mayor.



RELACION ENTRE EL LED Y EL DETECTOR DE ESPECTROS

CRISTAL DE CUARZO.

Actualmente el costo del cristal de cuarzo resulta elevado, pero, según versión de los fabricantes, se irá reduciendo hasta hacer posible el comercializarlo a gran escala.

Si bien es cierto que existen varios sistemas para crear una pantalla plana, desde la de un reloj, hasta un televisor; el caso en cuestión basa su funcionamiento en pantallas planas de cristal líquido. Su principio de operación es similar al de los exhibidores (display) usados en los relojes digitales, en calculadoras y en ciertas microcomputadoras, por citar tres de las muchas aplicaciones que tienen los displays de cristal líquido.

Sin pretender realizar un tratado sobre los tipos de cristal líquido que se conocen, mencionaremos únicamente que existen, en la actualidad, tres clases de ellos: nemático, colestérico y esmético.

Cada uno de estos cristales se ha aplicado en diferentes campos; sin embargo, nos concretaremos a definir el funcionamiento del cristal nemático, puesto que es el empleado en la fabricación de las pantallas a que ya hicimos referencia.

La figura I muestra la estructura que tiene el display de cristal líquido. Este exhibidor está formado como un "sandwich" de dos placas de cristal totalmente transparente que contiene entre ellas el cristal líquido; como toda

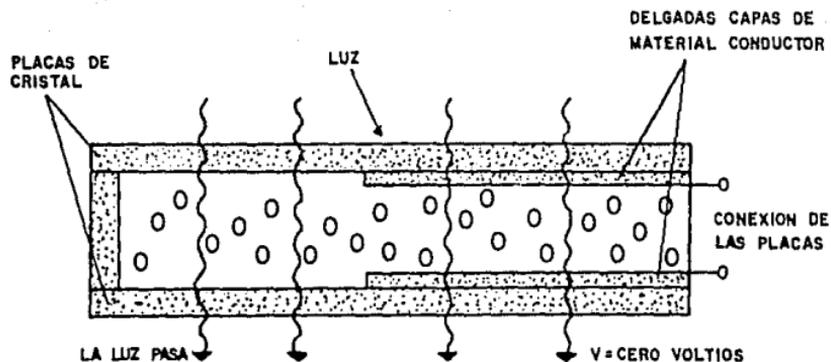


FIGURA 1

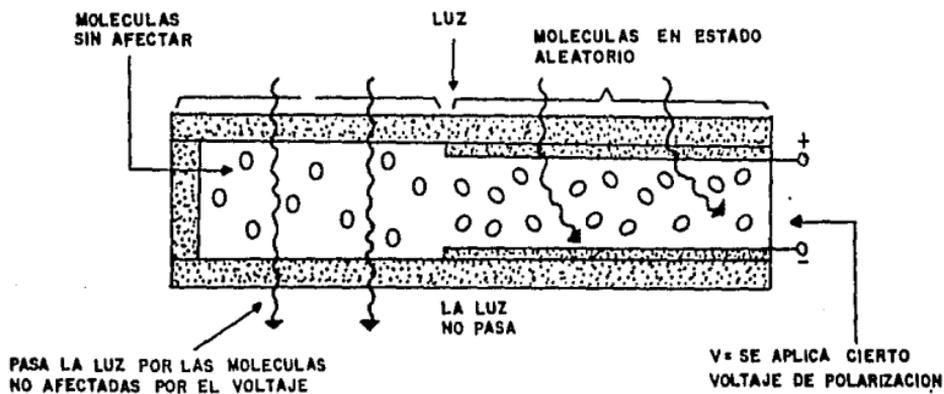


FIGURA 2

Orientación de las moléculas en el cristal líquido: sin polarización (1)... y a cierto voltaje de polarización (2).

la estructura se halla totalmente sellada de manera hermética, dicho líquido permanece siempre en su lugar adecuado. Adherida a cada placa, se encuentra una capa de material conductor, tan delgada que resulta completamente transparente; estas laminillas de material conductor tienen conexiones externas.

La luz penetra por la parte superior y pasa a través del display, cruzando las moléculas de cristal líquido. Cuando éstas se mantienen en posición vertical, dejan entrar la luz sin ninguna dificultad; en tales condiciones, todo el exhibidor es totalmente translúcido, de tal manera que la luz pueda atravesarlo sin ninguna interrupción.

Al aplicar un voltaje en las terminales de la conexión de las placas, se provoca un cambio en la colocación de las moléculas del cristal líquido, debido a que estas últimas sienten la presencia del campo eléctrico. Esta alteración impide el paso de la luz, desviándola tal como se muestra en la figura 2 (página anterior).

El lado derecho de la figura 2 ilustra el cambio de colocación de las moléculas afectadas por el campo eléctrico. Obsérvese cómo la luz que entra por la parte de arriba, ya no alcanza a salir, en tanto que a la izquierda, las moléculas no alteradas por dicho campo, siguen permitiendo el paso de la luz, puesto que su ubicación no ha sido modificada.

Entonces llegamos a la conclusión: cuando se aplica

un potencial eléctrico en las placas, no pasa la luz y, al contrario, sí pasará cuando no se aplique ningún voltaje. Este es el principio del funcionamiento que siguen los displays de las calculadoras.

El voltaje requerido por las mismas es de 3 volts., y la corriente es muy baja.

No obstante, la pantalla de cristal líquido utilizada en los televisores, es un poco diferente al de las calculadoras convencionales. Entre las diferencias citaremos, en primer término, que el vidrio usado en las televisiones para formar el "sandwich" es de tipo polarizado; además el cristal líquido, aunque nemático, presenta características especiales, ya que al recibir la descarga eléctrica las moléculas cambian de posición, pero quedan torcidas, y cuando no la reciben, conservan su posición vertical.

La luz que llega por la parte superior atraviesa el primer cristal, debido a que ambos están en el mismo plano de polarización. Así, las moléculas, como están en posición vertical, dejan penetrar la luz, pero al llegar al cristal inferior, ésta ya no puede seguir su camino porque este segundo cristal tiene diferente plano de polarización.

Cuando se aplica un voltaje al cristal líquido, las moléculas de éste modifican su posición, se tuercen. En este caso, la luz llega por arriba, cruza el primer cristal y pasa a las moléculas, que cambian al plano de polarización

de la luz; por tanto, si podrá atravesar el segundo cristal y salir por debajo.

La pantalla de una televisión de color, por su parte, se divide en varias secciones, cada una de ellas independiente y controlada en forma autónoma por un circuito electrónico. Cada sección en que se divide la pantalla, está colocada frente a un filtro de color, que puede ser rojo, verde, y por supuesto, azul.

Se dijo antes que la pantalla posee única y exclusivamente dos opciones: dejar o no, pasar la luz. Si consideramos que cada una de estas secciones es independiente y se desea pintar un color determinado, la porción adecuada de la pantalla permitirá atravesar solamente la luz del filtro del color requerido. Por ejemplo, si se está pintando un verde, únicamente las secciones correspondientes a los filtros de dicho color dejarán pasar la luz.

Hay que destacar que, atrás de la pantalla se sitúa un tubo fluorescente que envía la luz blanca. Esta puede cruzar sólo por el cristal activo y prosigue su camino a través de los filtros, produciéndose la luz del color correspondiente. Si partimos de que, mediante la mezcla de rojo, verde y azul se forman todos los colores del arcoiris, queda claro que las combinaciones pertinentes proporcionarán una imagen de colorido completo.

En toda la extensión de la pantalla existen 64,000 puntos de incidencia de color, que son controlados por

medio de un sistema matriz de 240 líneas horizontales por 200 líneas verticales. En la pantalla de cristal líquido se requiere de un buen control sobre cada una de éstas secciones o puntos de incidencia, para lograr el contraste deseado y una buena saturación de colores en la imagen reproducida.

Esta es la razón por la que en cada punto se encuentra un transistor que controla su accionar. Y puesto que son 64,000 secciones en la pantalla, hay el mismo número de transistores. Estos se fabrican mediante un sistema muy parecido al de los circuitos integrados. En conjunto, forman una capa de transistores tan delgada que resulta transparente a la luz que pasa a través de ellos.

Cada transistor cuenta con una almohadilla de material conductor, que va conectada al drenador del propio transistor. Entre la almohadilla y dicho material, ubicado bajo los filtros de color, se inserta un capacitor. Así mismo, el transistor se conecta con un sistema matriz, compuesto por la línea de dirección para las compuertas y las fuentes de los transistores.

Si una de las secciones va a ser puesta en la posición de encendido (activo), los datos de información se colocan en las hileras de las fuentes y de las compuertas, con lo cual las cargas se mueven a través del transistor y son enviadas hacia la almohadilla. Esto trae como consecuencia que se cargue el capacitor, formado por la almohadilla y el electrodo, situado bajo los filtros de color, desarrollando así un campo eléctrico. Según dijimos anteriormente,

cuando a dicho cristal lo afecta el campo eléctrico, se ayuda a que la luz introducida salga y pase por el filtro correspondiente, produciéndose el color adecuado.

Ahora bien, teniendo las dos opciones desplegadas en los párrafos anteriores, procederemos a escoger la más adecuada.

Vemos por un lado que, mientras para un tablero de informes formado por LED'S, requerimos en general 2 y medio amperes de corriente, para un tablero de informes (que podría ser a color) formado por cristal de cuarzo, sería mucho menor; aunque se desconocen las cifras exactas, sabemos que estamos hablando del orden de los miliamperes. Debido a que la corriente y el voltaje suministrados por una celda fotovoltaica, son bajos, con el uso del cristal de cuarzo tenemos resuelto nuestro problema, en lo que se refiere al suministro de energía.

Por otro lado, la vida de un Led, es mucho menor a la del cristal de cuarzo, aunque este último tiene costos mucho más elevados. Por último, para nuestro ejemplo sería factible utilizar una pantalla de cristal líquido, que aunque no sabemos el voltaje y corriente que utilice, bastaría con ver la pila de una calculadora, que es de 1.5 V (para todo un display).

Actualmente ya se están implementando en Japón, técnicas para crear una televisión de cristal de cuarzo, aunque tienen problemas con la nitidez, el desarrollo y la perfección de sus estudios llevarían a un gran ahorro de energía.

CAPITULO VI

DIAGRAMA DE
BLOQUES DE TODO EL CONJUNTO

Una vez explicadas todas y cada una de las partes que forman nuestro estudio, las acoplaremos a un todo llamado Celdas Fotovoltáicas aplicadas a un tablero electrónico de informes.

Como se apreciará en la figura siguiente, de una terminal TTY alimentada por 127 Volts, mandamos la información hasta nuestra microcomputadora, la cual recibe las señales por medio del puerto serie; de ahí se manda la información directamente al tablero de informes, el cual está alimentado por las celdas fotovoltáicas. Como se recordará, el tablero de informes es una pantalla de cristal líquido, debido a que la corriente y el voltaje que puede suministrar la celda fotovoltáica, es limitado.

A su vez existe, entre el tablero de informes y la celda solar, una batería a manera de protección contra cualquier contratiempo que surgiese, como podría ser el uso del mismo tablero de informes durante la noche, o en días muy nublados; aunque cabe aclarar que la celda fotovoltáica seguirá trabajando con un mínimo de luz, aunque ésta provenga de la misma luna. Por lo tanto, habrá que pensar en un dispositivo que vaya alimentando exteriormente y gradualmente la entrega de corriente y voltaje.

El comparador clave podría ser, desde el usuario de una terminal con una clave de entrada, hasta un sofisticado

do sistema de fototransistores. Con una tarjeta perforada adecuadamente, se podría saber si él o los usuarios tienen acceso al sistema. No alimentamos a la terminal con la misma celda, debido a que, hasta donde pudimos investigar, existen ya las celdas que nos pueden proporcionar voltajes tan elevados, pero no hay acceso a la documentación correspondiente. En la Universidad del Estado de Hidalgo, el alumbramiento, así como el calentamiento de las albercas, es ya por medio de celdas fotovoltaicas, lo que quiere decir que el alcance en dicha rama ya es muy alto; sin embargo, es poca la información que dejan al alcance del estudiante, ya que todos los estudios realizados hasta ahora no han sido todavía plasmados en algún libro.

El hecho de contemplar una alternativa, como lo es el uso de las celdas solares, se debió a que no está lejano el día en que tengamos que empezar a recurrir a otro energético.

A continuación se ilustra el diagrama de bloques de nuestro estudio. Recordemos que no se ilustra el comparador clave, debido a que puede estar en cualquier punto de dicho diagrama.

Como se podrá apreciar, tanto la celda solar como el cargador y la batería Están conectados en paralelo debido a que en cualquier momento que deje de funcionar la celda entrará inmediatamente la batería a reemplazar las funciones de la misma. Por otro lado, el cargador servirá para que, una vez que la batería haya cumplido su función, se recargue para poder seguir estando de respaldo.

Las celdas solares no es algo nuevo, llevamos más de 20 años experimentando con ellas, y poco a poco hemos tenido mejores resultados.

El uso de la energía solar es cada día más, inclusive en México ya se pueden apreciar las primeras casas e invernaderos en base al aprovechamiento de la energía solar. Estas casas las podemos apreciar en el Camino a Cuernavaca.

Por otro lado, las universidades le están dando cada vez mayor importancia al estudio de las celdas, e inclusive se ha logrado ya fabricarlas en México, aunque cabe recalcar que la información para estos avances no existe en ninguna fuente accesible al estudiante.

El cristal de cuarzo ya es más antiguo, sin embargo ha tomado un nuevo auge con el uso de las celdas fotovoltaicas, por la poca energía que demandan. Tanto el cristal de cuarzo como la celda solar tienen como materia prima el Silicio, y he ahí el por qué del primer Capítulo de este estudio.

Aunque el costo de una celda es relativamente caro, la amortización que va sufriendo con el tiempo lo iguala a diez años con el costo de la energía eléctrica, es decir: el costo inicial es muy elevado, pero el mantenimiento no lo es tanto a diferencia de la energía eléctrica.

Después de más de dos décadas de pruebas, muchos investigadores afirman que las celdas fotovoltaicas se están acercando rápidamente a su utilización.

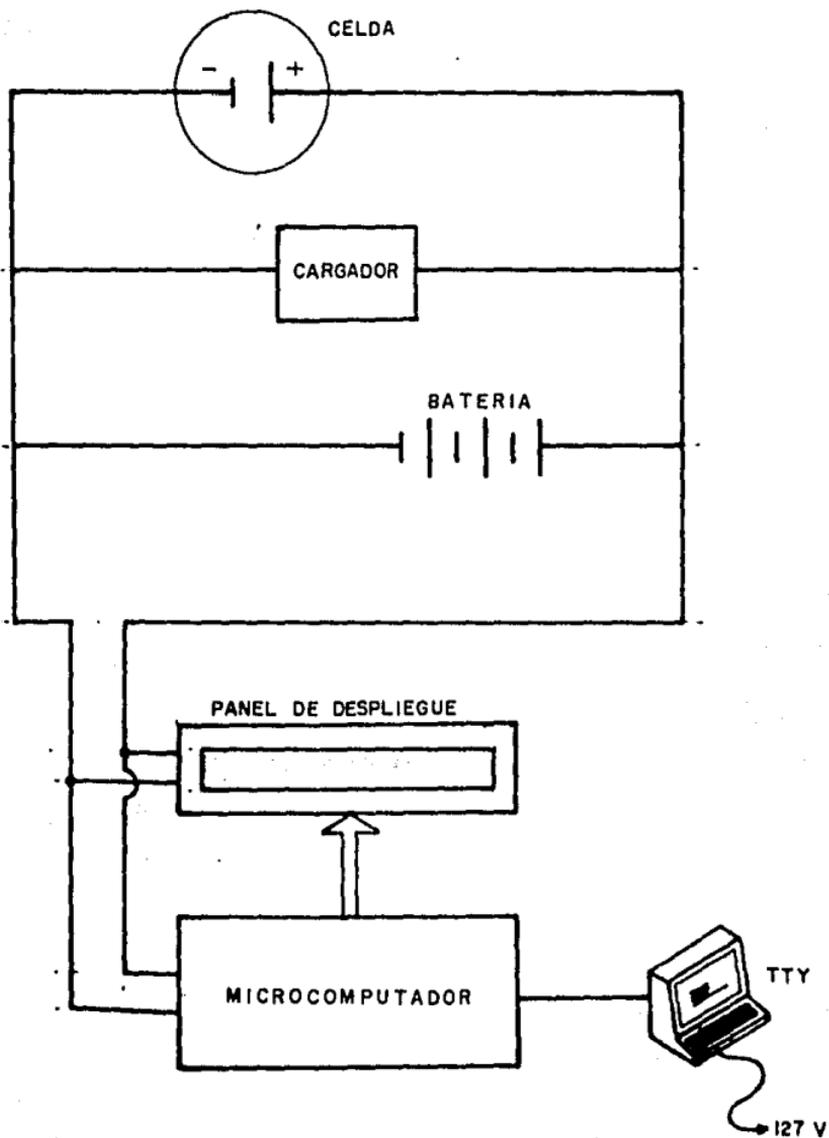


DIAGRAMA DE BLOQUES

La eficiencia de las celdas solares ha mejorado tanto que en muchos de los casos, su costo al usuario es igual al de la energía comprada de la red. A finales de este siglo, según algunos investigadores, la energía de las celdas fotovoltaicas será más barata que la generada por el petróleo. Hasta ahora la aplicación de las celdas fotovoltaicas se ha limitado a fuente de energía para vehículos espaciales, sistemas remotos de comunicación y un poco de usos para casa habitación.

Desde el embargo árabe, en 1973, la investigación sobre la ciencia fotovoltaica ha recibido un gran apoyo de los gobiernos en varios países y, en los cuatro últimos años, los fabricantes se han comprometido muy seriamente a fabricar módulos. Una muestra de ello es el aumento en la producción anual de las celdas fotovoltaicas, ya que ésta aumentó un 500% en los últimos tres años, de una capacidad de generación de electricidad de 3 Megawatts a finales de 1981, a una capacidad de 18 Megawatts en 1984.

Por otro lado, el hecho de pensar que, hasta finales de siglo estarán en su utilización plena, se debe a lo siguiente:

El costo, impuesto por los materiales y procesos que requiere su elaboración, hace que hasta ahora sea cara una inversión inicial. Segundo, la naturaleza intermitente de la iluminación solar (día, noche, nublados) genera electricidad con idéntica periodicidad, lo que reduce el número de usos y por lo tanto los dispositivos capaces de tolerar esta condición. En todo caso, habría que almacenar energía,

lo que aumenta el costo de las instalaciones, reduciendo nuevamente el número de aplicaciones razonables.

De esta manera, hoy, la aplicación más frecuente se da en los países donde existen zonas no electrificadas, por medios convencionales, pero aun aquí la energía solar se emplea en aquellos artefactos que no requieren grandes potencias eléctricas, como son: la televisión, radioteléfonos, repetidoras de microondas, telecomunicaciones en general, iluminación doméstica nocturna, bombeo y purificación de agua, refrigeración en pequeños volúmenes (medicamentos), etc.

No obstante, una idea sobre la cual empieza a especularse con insistencia es la de usar las celdas para satisfacer algunos excesos de consumo de electricidad convencional en las horas "pico". En ciertas condiciones, resulta más económico instalar las celdas que alcanzan esa capacidad "pico" mediante generación convencional. De cualquier manera realmente no se usa todavía dicha energía para proporcionar electricidad en grandes cantidades, como las que requieren los grandes conglomerados urbanos e industriales.

Es importante, sin embargo, hacer notar la trascendencia de esta fuente en zonas rurales. Considérese, a manera de ejemplo, el cambio producido en una comunidad en donde se instala telesecundaria, un pequeño sistema de video con cursos pregrabados; o bien, una pequeña antena para recepción de señales vía satélite, etc. Lo anterior requeriría una potencia únicamente de 1 a 2 Kw.

De hecho, fundamentalmente por razones económicas y técnicas de corto plazo, las aplicaciones actuales se llevan a cabo sólo en sitios no electrificados por medios convencionales, que requieren pequeñas potencias eléctricas.

El aumentar la eficiencia de las celdas, es la clave para mejorar la relación costo-producción de los sistemas fotovoltaicos.

Mientras que el aumento de eficiencia de las celdas sigue siendo el reto tecnológico más crítico, no hay que descuidar el otro factor importante que es, aumentar la capacidad de las líneas de producción y reducir los costos de manufactura. Líneas de fabricación automatizadas, hacen módulos en proceso continuo, desde la materia prima hasta las unidades fotovoltaicas. A la fabricación por línea continua, o proceso de flujo, se adapta particularmente la tecnología del Silicio amorfo, la materia prima entra por un extremo y las hojas flexibles de las celdas fotovoltaicas salen por el otro.

El aumento en el tamaño de las celdas, reduce el número de interconexiones entre éstas para un tablero determinado, reduciendo, en esta forma, las pérdidas de corriente. Al disminuir el número de interconexiones, también mejora la disponibilidad del módulo.

Como conclusión general se puede decir que, el campo de investigación y desarrollo tecnológico generado por las celdas solares, es extremadamente rico y fértil. No

se conoce un país que, teniendo especialistas en el área de semiconductores, no tenga un grupo dedicado a ese tema. Esto ha exigido que los foros de intercambio y discusión científica se multipliquen.

La transformación de la energía solar a energía eléctrica, se realiza mediante un proceso directo que es limpio y silencioso, en el que se evitan grandes pérdidas. Por esto último, además de no producir contaminación ni de tipo ambiental ni de tipo sonoro, es muy conveniente la aplicación de la energía solar en nuestra vida diaria.

B I B L I O G R A F I A

- Andrés Pérez, Esteban - Energía Solar, Conversión Fotovoltáica.
Ed. ESIME
México, 1975.
- Expansión - Petróleo: Sigue la controversia.
Grupo Editorial Expansión.
México, Junio de 1976.
- Dictionary Electronics- Ed. Radio Shack
EUA, 1976.
- Wilson, Mitchel, Energía:
Colección Científica LIFE en Español
Ed. Offset.
México, 1965.
- F. Daniels - Direct Use of Sun's Energy
Impreso en la Universidad de Yale
EUA, 1964.
- A.E. Dixo, J.D. Lestic, Solar Energy Conversion.
Impreso en Pergamon.
EUA, 1978.
- W. Palz - Electricidad Solar
Editorial Blume (UNESCO)
1978.
- P.H. Abelson A.L. Hammond, Energy II: Use, Conservation and
Supply. American Association for
Advancement of Science.
- J.C. Mc. Veigh, Sun Power:
An introduction to the application
of Solar Energy
Impreso en Pergamon.
EUA, 1977

- J. Mimila-Arroyo, - Las Perspectivas de la Energía Solar. El Caso de las Celdas Solares. Acta Mexicana de Ciencia y Desarrollo Vol. XIV Núm. 39-42 Pág. 9, 1980.
- Luis Orozco - El Cristal Líquido Entra en la Era del Video. Información Científica y Tecnológica Vol. 7, Núm. 102, Pág. 6, 1985.
- Ing. Manuel Joffe L. - Celdas Fotovoltáicas: Las Tres Versiones Fabricadas en la Actualidad. No. 3, Julio-Agosto, 1984. Selmec.
- F. Boissonnet. - La Energía Solar en México y América Latina. Información Científica y Tecnológica Vol. 3, Núm. 59, Pág. 38, 1981.