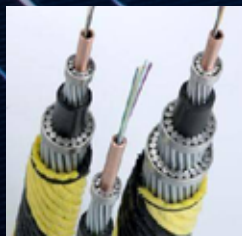


Entendiendo las celdas solares

El enfoque cuántico de la realidad y la información

¿Conoce la importancia cableado submarino?





50 AÑOS OFRECIENDO LO MEJOR EN



- *MOTORES ELECTRICOS*
- *SISTEMAS DE BOMBEO*
- *GRÚAS PUENTE Y POLIPASTOS*
- *ARRANCADORES*
- *MOTORREDUCTORES ELECTRICOS*
- *VARIADORES DE FRECUENCIA*
- *BREAKERS*
- *TRANSFORMADORES SECOS*



*Feliz
Navidad*

DISTRIBUIDOR



SQUARE D



Av. Charles Summer No. 51, Los Prados. Tel. 809 563 5525

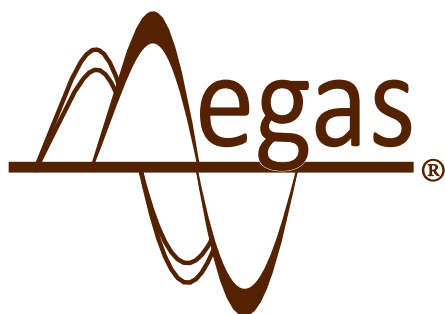
www.sd.com.do

Solicite una cotización haciendo click en ventas@sd.com.do





Contenido



Engineering & Press

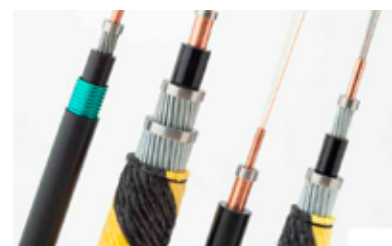
Editor: Victor Manuel Adón
Asist. Administrativa: Danilda Gonzalez
Tel.: 829 456 5164
Correo: revista-megas@outlook.com
Web: www.megas.com.do
Producido por: Megas Engineering & Press

4 **Comentario del Editor**
Llega Navidad

5 **Biocombustibles**
¿Llegarán los combustibles verdes ser una opción factible?



9 **Cableado Submarino**
Conozca acerca de como se hace posible la conectividad mundial



14 **Celdas solares**
La tecnología fotovoltaica avanza hacia la masificación



18 **La Dualidad de la Luz: un fenómeno cuántico**
Trataremos de explicarle algo extrañísimo, aunque no le garantizamos que nos entienda



21 **De hoy y de ayer: La Pascalina**
Fue la primera calculadora del mundo y se invento en 1645



Comentario

El Punto de Referencia

Ya sea que las cosas vayan bien o no, por uso y costumbre entendemos, de forma instintiva, que el final de año es el mejor momento para hacer un ajuste inteligente a nuestro rumbo. La planificación estratégica es una herramienta organizacional que en las últimas décadas ha tenido mucha relevancia en el ámbito empresarial y está relacionada, principalmente, con la creación de ventajas competitivas



Víctor Manuel Adón
Editor

por parte de una organización con respecto a sus competidores. Muchas veces, nuestro modelo de desarrollo personal carece de ese rigor y resulta víctima de nuestro propio desdén. Desarrollar habilidades y destrezas muy pocas veces responde a un plan deliberado de nuestra consciencia. Frecuentemente nos vemos más preocupados por la acumulación de conocimiento, sin embargo, para que el incremento de nuestro patrimonio cognitivo sea capitalizable este debe ir acompañado del desarrollo de las habilidades para utilizarlo. De lo contrario, el saber ve reducir su potencialidad y adquiere las características de un bien común y corriente el cual se adquiere, se almacena y se devalúa.

La cantidad de información disponible en internet nos obliga a ser selectivos, dado que es imposible retener la mayoría de los datos a que tenemos acceso. Más que memorizar es necesario procesar la información de manera lógica y efectiva: debemos enfocarnos en saber cómo encontrar. Uno de los recursos más básicos de la inteligencia ha sido la capacidad de dimensionar, que esencialmente es un proceso que requiere del instinto de la lógica y aritmética básica, aquello que algunos llaman también sentido común. Poder razonar de forma instintiva para ajustar la proporción de las cosas en función de un parámetro de referencia es un talento que hoy día corre el riesgo de volverse poco común. En el mundo real, los fenómenos pocas veces encuentran una solución matemática exacta, las aproximaciones obtenidas por un rápido cálculo mental podrán, a menudo, darnos la respuesta satisfactoria y sacarnos de un apuro.

Síguenos en



Subscribase en línea

Biocombustibles

La tecnología verde que lucha por abrirse paso como una alternativa viable a los derivados del petróleo

La posibilidad de sustituir los hidrocarburos tradicionales con combustibles “limpios” fabricados a partir de materia orgánica, suscita, desde hace ya algún tiempo, gran expectativa entre muchos sectores. Entre la opciones que actualmente llaman la atención tenemos los biocombustibles, los cuales son compuestos químicos con propiedades de combustión similares a la gasolina y el diésel. En un sentido más amplio ellos incluyen otros grupos de sustancias obtenidas a partir de biomasa. El Bioetanol y el Biodiesel son las principales alternativas a los derivados del petróleo para uso en el transporte. Se obtienen principalmente a partir productos agrícolas como el maíz, la caña de azúcar, girasol, soya, entre otros.

El uso de biocombustibles en el sector transporte se remonta a finales del siglo XIX, cuando el Dr. Rudolf Diesel alcanzó notoriedad por la invención de un motor de combustión capaz de trabajar con aceites vegetales. Ya a principios del siglo XX la utilización de Bioetanol en los automóviles era un proyecto técnicamente viable. El famoso modelo T de Ford podía trabajar tanto con gasolina como con etanol. Sin embargo, los bajos precios del petróleo hicieron sucumbir dicha opción. Durante la segunda guerra mundial, el etanol fue utilizado por los alemanes para propulsar los cohetes V-2. Sin embargo, no fue sino hasta el estallido de la crisis petrolera de los 70's cuando el mundo se vio forzado a buscar opciones energéticas menos dependientes de los combustibles fósiles.

El etanol o bioetanol

Como bien sabemos el etanol, conocido también como alcohol etílico, es un compuesto químico ampliamente utilizado en la fabricación de bebidas alcohólicas. No obstante, también tiene un uso importante como combustible. El etanol es producido típicamente por medio de la fermentación de azúcares, aunque también puede obtenerse a



partir del petróleo. El término bioetanol se utiliza comúnmente para hacer énfasis en la procedencia a partir de biomasa. En 2015 la producción mundial de etanol fue de 25,682 millones de galones, siendo Estados Unidos y Brasil los mayores productores con un 57.7% y 27.6% respectivamente. En los Estados Unidos el etanol se obtiene principalmente del maíz, en cambio que en Brasil se produce de la caña de azúcar. La gran mayoría de la gasolina utilizada en el país norteamericano está mezclada con 10% de etanol (E10). Cuando se compara con la gasolina pura encontramos que el etanol tiene un desempeño muy parecido en lo que respecta a la aceleración y potencia, aunque se obtiene un rendimiento menor en el kilometraje por galón. La mezcla E85 (85% etanol y 15% gasolina) tiene aproximadamente un tercio menos de energía que la gasolina pura. Para muchos la utilización del combustible “limpio” no tiene ninguna ventaja técnica más allá de las posibles reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales podrían no resultar tan significativas cuando se evalúa el ciclo completo del combustible, desde la siembra del maíz hasta que este es quemado en el motor.

Biodiesel

El biodiesel tiene propiedades caloríficas muy simi-



El Maíz y la caña de azúcar son la principal materia prima para la elaboración de Etanol

lares al diésel del petróleo. Este compuesto se puede extraer de más de 300 plantas vegetales, aunque las principales son la soya, el aceite de girasol, la palma e incluso el aceite de cocinar usado. El biodiesel tiene un poder calórico aprox. 9% menor que el diésel convencional, dependiendo de la materia prima utilizada para su fabricación. No contiene azufre y tiene menores emisiones de carbono que el etanol proveniente del maíz. También puede ser mezclado con diésel convencional sin requerir modificaciones en el motor hasta una proporción B20 (20% biodiesel, 80% petrodiesel). El aceite de palma produce uno de los mayores rendimientos de biodiesel con 635 galones por acre.

El ejemplo de implementación de biocombustibles a nivel masivo lo tenemos de Brasil. Para mediados de los 70's el país puso en marcha el proyecto Pró-Álcool el cual fue un amplio programa nacional cuyo fin era usar biocombustibles obtenidos a partir de la caña de azúcar para abastecer automóviles. Ello implicó que se desarrollaran vehículos con motores concebidos netamente para trabajar con Bioetanol y ya para finales de los 80's el 33% del parque vehicular del país correspondía a vehículos de este tipo. Sin embargo, varios factores incidieron para que el programa menguara, entre ellos, la baja en precios del petróleo y el alza de los precios internacionales del azúcar. Esto dio al traste con que la producción de etanol escaseara, debido a la competencia interna con la industria azucarera: era más rentable producir azúcar de la caña. En 1990 la manufactura de vehículos de etanol cayó a un 10.9% y la falta de confi-

anza en el suministro hizo que muchos conductores retornaran a la gasolina y el diésel convencional.

A pesar de las dificultades del proyecto Pró-Álcool Brasil pudo consolidarse como el referente mundial en materia de uso de biocombustibles a gran escala. Actualmente la legislación en Brasil prohíbe que se venda gasolina pura y establece que esta debe contener un porcentaje entre 18-25% de etanol. En esta proporción de la mezcla de combustible los motores convencionales pueden trabajar sin modificaciones. Más recientemente se ha popularizado en el país sudamericano el uso de vehículos de combustible flexible, los cuales pueden trabajar indiferentemente con etanol, gasolina o cualquier proporción de la mezcla de ambos ya que ajustan automáticamente la inyección y el tiempo de ignición en función de la



Muestra de Biodiesel

proporción del combustible.

La utilización de alimentos para producir combustibles ha sido una gran polémica. Obtener etanol o biodiesel a gran escala implica disponer de enormes cantidades de recursos naturales y económicos. En primer lugar, debe considerarse las vastas extensiones territoriales necesarias para plantar los cultivos, los fertilizantes y la cantidad de agua para regarlos. Según el Departamento de Energía de los Estados Unidos, producir un galón de etanol a partir del maíz puede requerir en entre 10-324 galones de agua, dependiendo de la región en donde se cultive el cereal. Adicionalmente es necesario disponer la recolección, transporte y procesamiento de la cosecha para la producción del combustible. Todos estos costos económicos y ecológicos hacen cuestionar si realmente los biocombustibles representan un modelo sostenible para sustituir el empleo de combustibles fósiles.

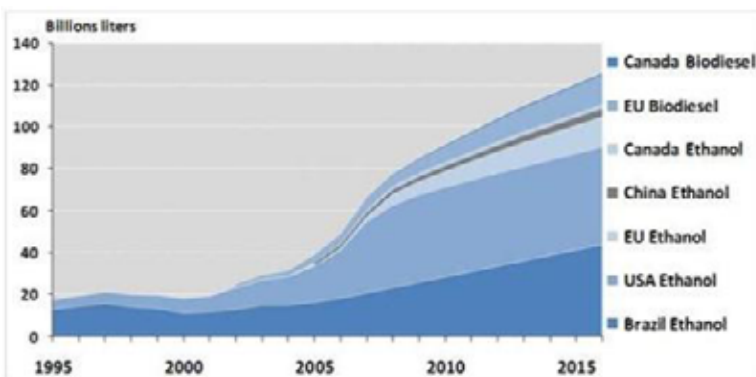
El impacto en los mercados alimenticios también ha sido considerable. Estudios indican que la utilización masiva del maíz en la fabricación de etanol, incentivada por las políticas subsidiarias norteamericanas que proveen un subsidio de aproximadamente \$0.40 /galón de etanol a la refinerías, ha dado al traste con un incremento del precio del cereal en un 53% con tan solo un incremento de la producción en 11.6%. Otras estimaciones argumentan que sustituir con bioetanol el 85% de toda la gasolina que es utilizada actualmente en el mundo requeriría la utilizar la cosecha completa de caña de azúcar, maíz, trigo, sorgo y yuca (Rajagopal y Zilberman, 2008).

La Segunda Generación

Los biocombustibles de segunda generación son una opción que busca romper con las limitaciones económicas y ambientales de los biocombustibles convencionales. Con aquellos se utiliza la azúcar contenida en la biomasa vegetal (compuesta por celulosa, hemicelulosas y lignina), es decir, en lugar de utilizar los frutos comestibles aquí se aprovechan los tallos, las hojas y las cortezas de las plantas. Esta característica los hace especialmente atractivos ya que no serán competencia directa de la industria alimenticia y permitirán aprovechar grandes cantidades de biomasa disponibles en forma de desperdicio. Esto permitirá un enorme reciclaje de materia orgánica.

El proceso de producción de los combustibles de segunda generación consiste en la liberación del azúcar contenido en la materia ligno-celulósica. Esta tarea no es factible por simples medios como el prensado o la molienda sino por procesos químicos. Para este fin se utilizan principalmente dos métodos: tratamiento termoquímico y bioquímico. Con el primero la materia es sometida a una gasificación a alta temperatura en presencia de baja cantidad de aire, luego el gas obtenido es utilizado para producir varios combustibles líquidos. Los costos asociados a esta técnica son relativamente altos y el producto final no resulta competitivo con los combustibles fósiles o los biocombustibles de primera generación. Algunos autores (Eggert, Greaker y Potter, 2011) sostienen que este proceso, pese a utilizar tecnología madura, no representará una opción técnicamente viable para la producción futura dado que ofrece oportunidades muy limitadas en la eficientización del ciclo de producción y por ello en la reducción de costos.

El método bioquímico emplea enzimas para la descomposición de la biomasa en azúcares y luego convertir esta en Etanol. Esta tecnología se encuentra en plena infancia y su fase comercial se encuentra en periodo de demostración, aunque en la planta de prueba de Iogen, Canada, se ha estado produciendo etanol a partir de la paja del trigo desde 2004. Muchos piensan que este es el procedimiento con mayores oportunidades de permitir el abarata-



Consumo mundial de Biocombustibles

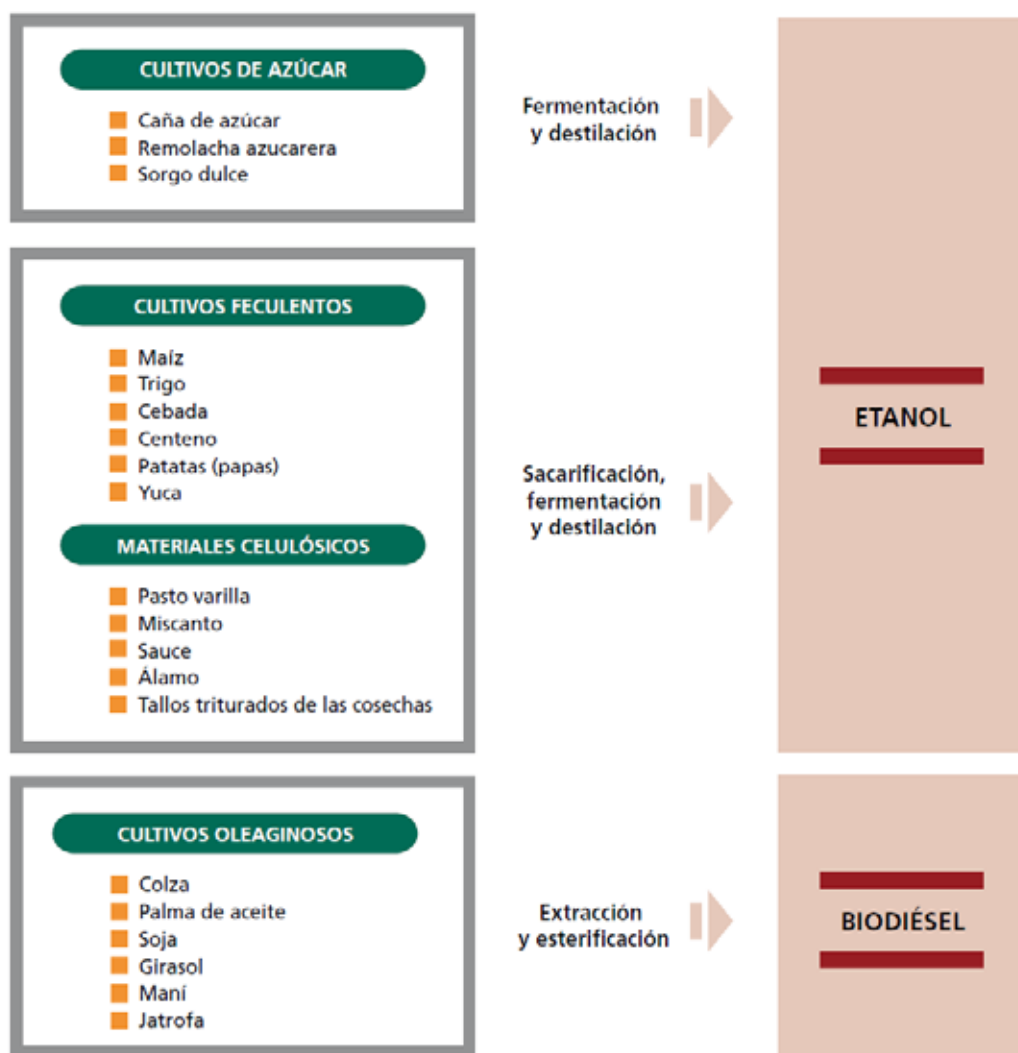
Fuente: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2016

miento. No obstante, todavía enfrenta grandes retos económicos además de requerir enormes esfuerzos en investigación y desarrollo.

En qué medida el uso de biocombustibles ha de representar una solución eficaz y económicamente factible para combatir el cambio climático y el eventual agotamiento de los combustibles fósiles en las décadas venideras resulta en este momento todo un enigma. Mientras el etanol y el biodiesel de primera generación han venido utilizándose desde hace ya bastante tiempo, la supervivencia de la industria resulta muy dependiente de ese tanque de oxígeno que son los subsidios. Fuera de Brasil, cuyas vastas extensiones territoriales le han permitido desarrollar un modelo industrial difícilmente extrapolable a

otros países, escasean las economías con un modelo autosuficiente, basado en este esquema. Algunos argumentan que la utilización de los costosos combustibles de primera generación se ha de justificar en el allanamiento del terreno para el uso futuro de los biocombustibles 2G. Sin embargo, los llamados combustibles verdes se encuentra aún lejos de ser una opción competitiva en el futuro inmediato.

Actualmente existe bastante optimismo con la utilización de algas de rápido crecimiento para producir biocombustibles. Algunos autores entienden que a la postre el proceso de obtención será más eficiente que el empleado en los combustibles 2G, por ello con frecuencia se refieren a esta opción como 3G.



Principales materias primas para la producción de biocombustibles de primera generación
Fuente: FAO

Cableado Submarino

Aproximadamente el 95% del tráfico es ruteado por los cables submarinos de fibra óptica.

En muchos aspectos de nuestra vida moderna, la conectividad surge como una condición indispensable a nuestras actividades cotidianas. Sin embargo, tenemos muy poca consciencia del andamiaje necesario para navegar en el internet y realizar las tantas actividades que hoy día nuestra interactividad exige. Popularmente existe la falsa creencia de que los satélites son el principal elemento para canalizar las comunicaciones internacionales cuando en realidad el auge de que actualmente gozan estas es posible gracias a una vasta y compleja red cables submarinos. Aproximadamente el 95% del tráfico es ruteado por los cables submarinos de fibra óptica. Hoy día los cinco continentes se encuentran conectados entre sí por más de un millón de kilómetros de líneas interoceánicas.

A mediados del siglo XIX la industria telegráfica introdujo las telecomunicaciones a larga distancia. De forma casi inmediata surgió la idea de conectar las islas y los continentes para crear una gran red de telecomunicación y ya para 1850 se creyó posible conectar el viejo continente con el nuevo mundo a través de una línea telegráfica de 6,500 km. Entre 1854 y 1858 se instaló el primer cable transatlántico de la historia entre Irlanda y la isla canadiense de Newfoundland. Los retos técni-



Panoramica mundial de los cables submarinos existentes

cos de la época convirtieron esta empresa en una hazaña notable, sin embargo, el éxito fue fugaz: la línea solo duro un mes en operación. La poca experiencia que se tenía en este campo fue determinante en el fracaso técnico. No obstante, a partir de 1866 los avances tecnológicos permitieron obtener mejores resultados en la instalación y operar con relativa eficiencia. Ello permitió mejorar considerablemente la velocidad de transmisión, la cual paso de 10 a 120 palabras por minuto.

En los tiempos en que se empezaron a instalar los primeros cables submarinos, la industria eléctrica no existía como tal. La electricidad era una mera novedad de científica de gran interés pero que solo existía en los laboratorios. Desde un inicio la mejora en el diseño de cables

tuvo que superar lo que para la época resultaban complejos obstáculos técnicos asociados principalmente con el agua de mar, la cual para la aplicación tiene el doble inconveniente de ser conductora de la electricidad y resultar bastante corrosiva. Las transmisión efectiva de las señales también fue otro factor, dado que los pulsos de voltaje se atenuaban considerablemente de un extremo a otro de la línea. El cable utilizado en 1858 consistía en de 7 conductores de cobre aislados eléctricamente con varias capas de gutapercha y recubierto con fibra de cáñamo y 18 cordones de hierro para brindar resistencia mecánica en la capa exterior. Con la utilización de cable coaxial a partir de 1930 se abrió paso a una nueva etapa en la transmisión de señales. Los cables de fibra óptica irrump-



Fragmento del primer cable submarino transatlántico

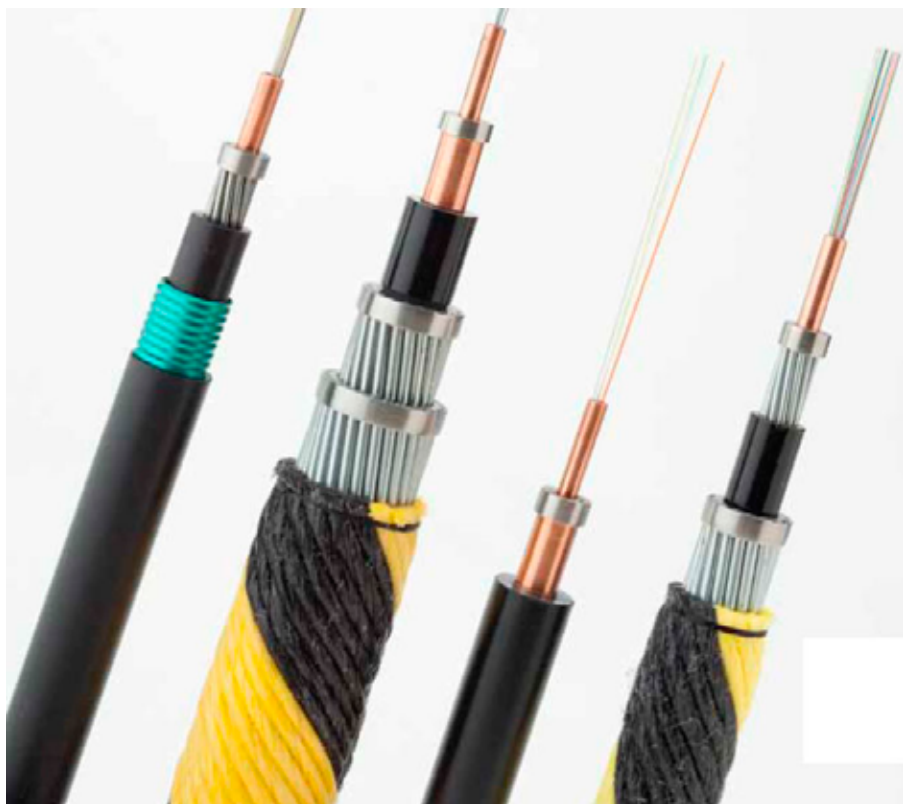
gritud de los cables, siendo el principal factor de riesgo las actividades pesca y anclaje de los barcos.

EL SeaMeWe-3 es el cable más largo del mundo midiendo unos 39,000 km y conectando 32 países desde Alemania hasta Corea del Sur. República dominicana está conectada a 7 diferentes circuitos a través de los puertos de Haina, Santo Domingo, Punta Cana y Puerto Plata. A nivel global, la inmensa mayoría de las líneas de fibra óptica modernas han sido financiadas exclusivamente por operadores de telecomunicaciones e inversionistas privados no ligados directamente al sector. El advenimiento del Internet provocó gran especulación de lo que

ieron en los años 80's y desde entonces han sido el estándar de sector telecomunicaciones.

Hoy día el uso de polipropileno en la capa exterior ha servido para optimizar el diseño de cables submarinos. Igualmente se sigue utilizando cables de acero para reforzar las paredes externas y brindar protección ante los impactos y la tensión mecánica. Los cables instalados en aguas profundas con frecuencia tienen una sección transversal menor a 1 pulgada en tanto que los tramos próximos a tierra firme tienden a estar reforzados, con varias capas de protección metálica, y pueden exhibir diámetros típicos cercanos a las tres pulgadas. La fibra óptica, hecha a partir de vidrio o materiales plásticos, es el elemento utilizado para transportar los datos a alta velocidad y menor distorsión, dado que no existen pérdidas eléctricas ni interferencia electromagnética asociadas a los conductores de cobre. Comúnmente los cables colocados a profundidades menores a 1500 m son enterrados en el lecho marino. Esto se realiza

con la intención de brindar mayor protección ante los disturbios de la actividad humana. A mayores profundidades no se suele enterrar los cables debido a indisponibilidad de equipos para trabajar a esa profundidad. Las especies marinas suponen muy poco peligro para la inte-

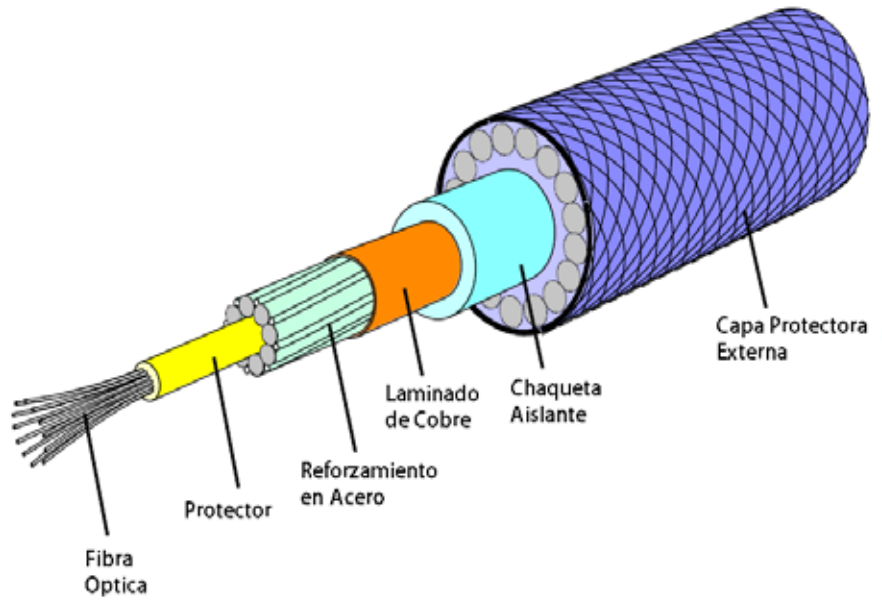


Cables submarino modernos de fibra óptica

entonces eran mercados emergentes. Esto causo que algunas rutas acaparan tal inversión de capital y crecieran rápidamente que no han tenido necesidad de aumentar su capacidad en la última década. Un ejemplo de ello lo representan Estados Unidos y Europa quienes están conectadas de forma directa por 19 líneas independientes. Tan solo el 29% de la capacidad en banda ancha de estas líneas es utilizada en tanto que el 80% de las mismas ha sido vendido. Muchos operadores compran capacidad adicional a la requerida con la finalidad de vender ancho de banda a otros operadores.

En 2016 Google y otros socios inauguraron la línea más potente hoy día activa con una capacidad de 60 terabits por segundo. El proyecto conecta a China-Japón-Estados Unidos en un recorrido de 9,000km y tuvo un costo de USD 300 millones. Microsoft y Facebook, han decidido no quedarse detrás y están construyendo una línea de 6,600km que cruzara el Atlántico y conectara Virginia y Bilbao. El cable tendrá capacidad de 160 terabits.

La transmisión de potencia Las granjas eólicas offshore han sido una opción factible en muchos países del norte de Europa. Dado que se encuentran ubicadas kilómetros mar adentro requieren la utilización de tendido de potencia submarino para interconectar cada aerogenerador a la subestación de transmisión y transportar a tierra firme la energía generada. Por otro lado, la intermitencia



Sección Transversal de de un cable submarino de fibra optica

de la energía eólica obliga a estos países a disponer de reservas en sus recursos de generación para amortizar cualquier cambio repentino en la producción de las turbinas de viento. Por ello algunos han optado por interconectarse vía cables submarinos a países vecinos, de manera que puedan brindar mayor estabilidad a sus sistemas eléctricos. De esta forma, los países conectados pueden, en tiempo real, vender su excedente de energía o comprarla para amortizar su déficit y se evitan tener que disponer de costosos generadores flotantes, los cuales entrarían en operación únicamente si se produce una perdida súbita de la electricidad disponible.

La transmisión submarina de energía eléctrica puede llevarse a cabo utilizando corriente alterna (AC) o directa (DC). En el caso particular de líneas de transmisión submarinas, la corriente DC resulta más conveniente



Sección Transversal de de un cable submarino tripolar para transmision de potencia AC.

para recorrer grandes distancias, debido principalmente a que no se producen perdidas asociadas a la reactancia capacitiva. Un ejemplo de ello es el cable de 580 km que interconecta los sistemas eléctricos de Noruega y Holanda. Esta resultar ser la línea eléctrica submarina más larga del mundo, opera a +450 kV DC

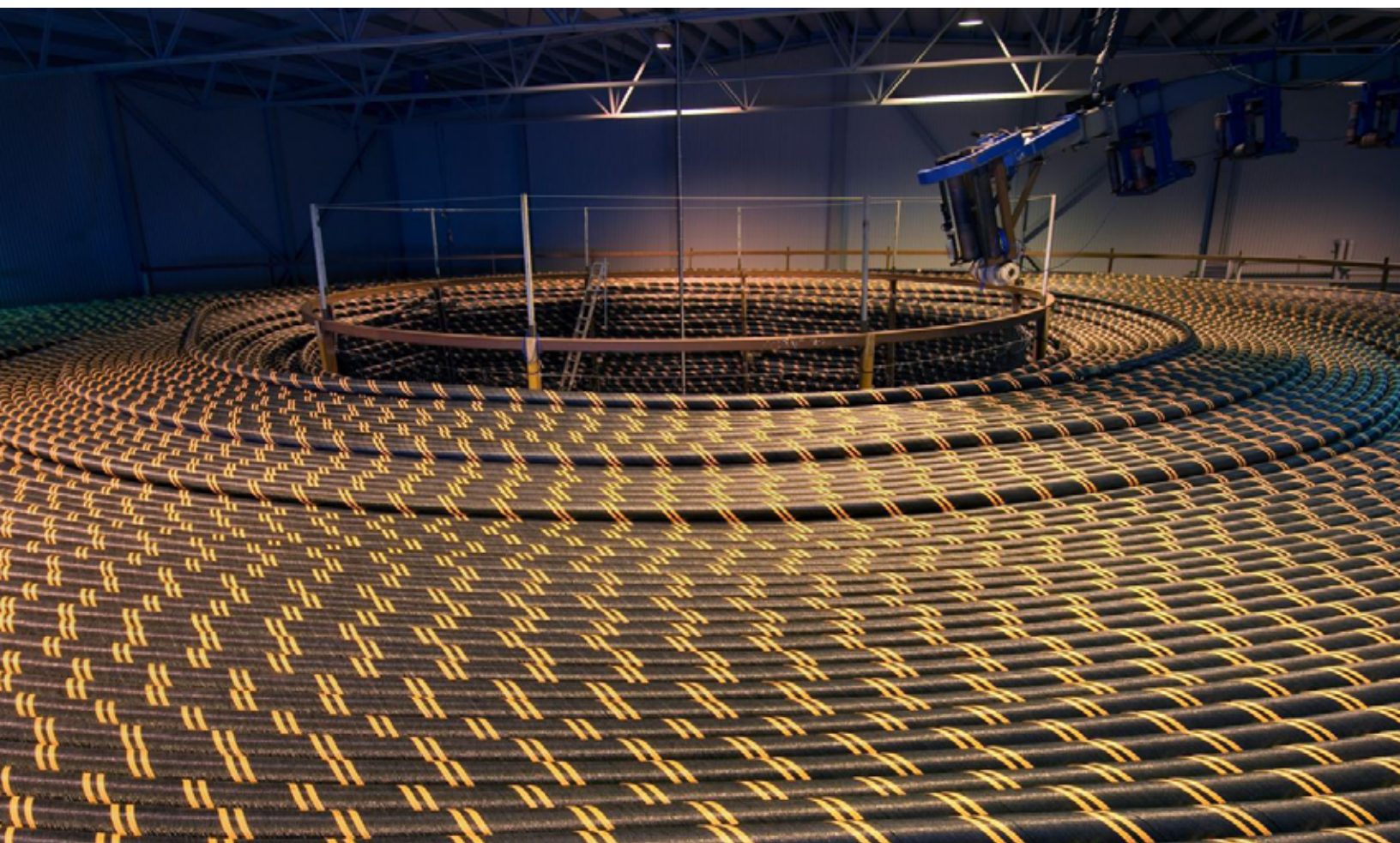
y tiene capacidad de 700MW. Arreglos similares existen entre Suecia-Alemania y Suecia-Polonia. La tecnología de los cables submarinos destinados para la transmisión de potencia permite actualmente cubrir distancias de hasta 1500 m. Típicamente podemos encontrar en catálogo cables que pueden manejar voltajes de hasta 500kV y que incluyen también una línea adicional de fibra óptica. Logrando esto maximizar el uso de los recursos.

Ya sea en transmisión de datos o energía las líneas submarinas ofrecen soluciones indispensables para las exigencias tecnológicas actuales. Si bien

actualmente la tecnología se encuentra en una fase de madurez no se descarta que el futuro cercano una nueva generación de cableado introduzca mejoras sustanciales al desempeño de las instalaciones existentes.



Las granjas eólicas offshore son la principal aplicación de los cables submarinos de potencia



Carrete de cable submarino para transmisión de energía eléctrica



50 AÑOS OFRECIENDO LO MEJOR EN

- *MOTORES ELECTRICOS*
- *SISTEMAS DE BOMBEO*
- *GRÚAS PUENTE Y POLIPASTOS*
- *ARRANCADORES*
- *MOTORREDUCTORES ELECTRICOS*
- *VARIADORES DE FRECUENCIA*
- *BREAKERS*
- *TRANSFORMADORES SECOS*

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO



Av. Charles Summer No. 51, Los Prados. Tel. 809 563 5525

www.sd.com.do

Solicite una cotización haciendo click en ventas@sd.com.do



Celdas Solares

La tecnología fotovoltaica experimenta un vertiginoso crecimiento en un escenario favorable

A veces, la costumbre nos impide darnos cuenta que cuando caminamos o transitamos por la calle durante el día en realidad estamos nadando en un océano de energía. Quizás pueda no resultarnos tan evidente pero el sol es, por mucho, el mayor recurso energético que tenemos disponible en la tierra. En última instancia, el astro es el ente que se encarga de proveer la energía a casi todo lo que habita la superficie terrestre. Incluso los combustibles fósiles como el petróleo y el carbón, en esencia, son energía solar almacenada y transformada químicamente. El viento también es producido directamente por la incidencia del sol. El núcleo de este, que arde a una temperatura de 15 millones de grados Celsius, es un gran reactor termonuclear que fusiona los átomos de hidrógeno para formar helio, se consume a sí mismo a una razón colosal de 4.26 millones de toneladas métricas de combustible por segundo para producir 384.6 cuatrillones de watts. En tan solo una hora la tierra recibe del sol suficiente energía para satisfacer su demanda por un año.

Los módulos de energía fotovoltaicos convierten de forma directa la luz en electricidad. Esto es posible gracias al efecto fotovoltaico, descubierto en 1839 por Edmond Becquerel. Ya para 1883 Charles Fritts construyó la primera celda solar de estado sólido utilizando selenio y oro. Los diseños modernos surgen para mediados de los años 50's, cuando accidentalmente científicos de los Laboratorios Bell produjeron la primera celda solar de Silicio. En lo sucesivo la tecnología sería ampliamente utilizada como la principal fuente de suministro energético en la naciente industria espacial. Retos económicos

y tecnológicos ralentizaron por mucho tiempo un uso masivo de la energía fotovoltaica, la cual resultaba muy cara en comparación con otras alternativas de suministro. Hoy día, la reducción de los costos de instalación han provocado un escenario es más favorable.

Esencialmente el proceso de conversión de las celdas solares se basa en la propiedad que tienen ciertos materiales para liberar electrones (y con ello producir corriente eléctrica) cuando incide sobre ellos la luz. Una celda solar es el bloque básico de construcción de los sistemas fotovoltaicos y consiste en una plancha de varias capas de material cuidadosamente dispuestas y cada una con funciones específicas. La energía solar llega en forma de radiación a la superficie terrestre como calor y luz. La forma en la que el sol incide en las diferentes latitudes provoca que, comúnmente, las áreas más calurosas sean también aquellas donde existe una mayor cantidad de energía por área de superficie. Para los sistemas fotovoltaicos el parámetro estándar de potencia aprovechable es 1000 watts/m² considerando el cenit, es decir el punto donde el sol incide más directamente sobre la superficie y resulta más brillante.

El proceso de conversión

La luz, como toda radiación electromagnética, está compuesta de partículas elementales llamadas fotones. Los fotones (que no tienen masa) están cargados de cierta energía cuyo nivel dependerá del tipo de fuente que los emita, por ejemplo, las ondas de radio producen fotones con niveles de energía

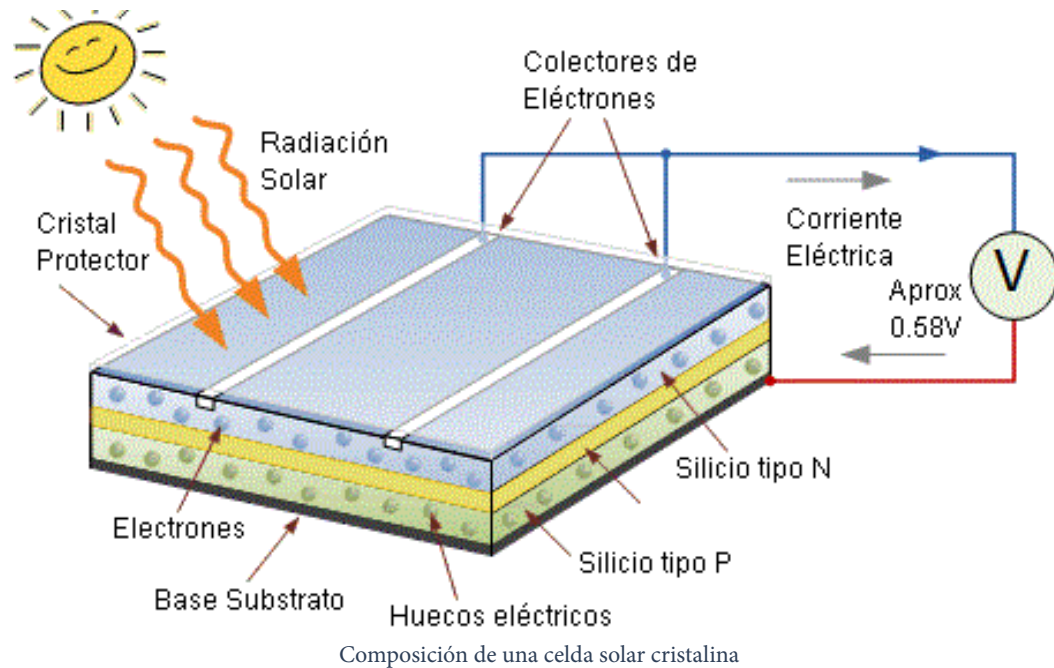
mucho menores que los de la luz. Por otro lado, un semiconductor es un tipo de material capaz de conducir corriente eléctrica de forma variable a medida que su resistencia eléctrica decrece o aumenta bajo ciertas condiciones de excitación. Los semiconductores son el material que ha hecho posible la electrónica y también son el material esencial del que están hechas las celdas solares.

Principalmente existen dos tipos de celdas solares: cristalinas y de película delgada. Entre las primeras tenemos las monocristalinas y las policristalinas. Estas consisten, esencialmente, de una delgada plancha de silicio homogénea (espesor de 150-300 micrómetros) de muy alta pureza, el cual es cortado a partir de un lingote. Al Silicio se le agrega Boro y Fosforo en determinadas zonas y le es impreso una delgada rejilla de metal en su cara frontal para conducir y capturar los electrones liberados. Luego se agrega un recubrimiento antireflectivo para absorber la mayor cantidad de luz posible. En las celdas policristalinas se utiliza una plancha de Silicio que puede tener granos relativamente grandes (1-10mm). Dado que no se utiliza un proceso tan exhaustivo para la obtención del lingote, la plancha semiconductor resulta mucho más económica, aunque el producto final tiene una eficiencia menor debido a la orientación aleatoria de los cristales.

Las celdas de película delgada son uno de los avances más significativos de la industria fotovoltaica. Con ellas se pretende abaratar los costos de manera sustancial. El Silicio es uno de los elementos más abundantes en la tierra, no obstante entre los semiconductores utilizados para fabricar celdas solares, es el de menor capacidad de absorción de la luz solar. Como resultado es necesario utilizar una capa de Silicio cristalino hasta 10 veces más gruesa que otros semiconductores como GaAs, CdTe, Cu(InGa)Se₂. La mayoría de estos semiconductores existen en capas delgadas y tienen que colocarse en otro material llamado sustrato para obtener

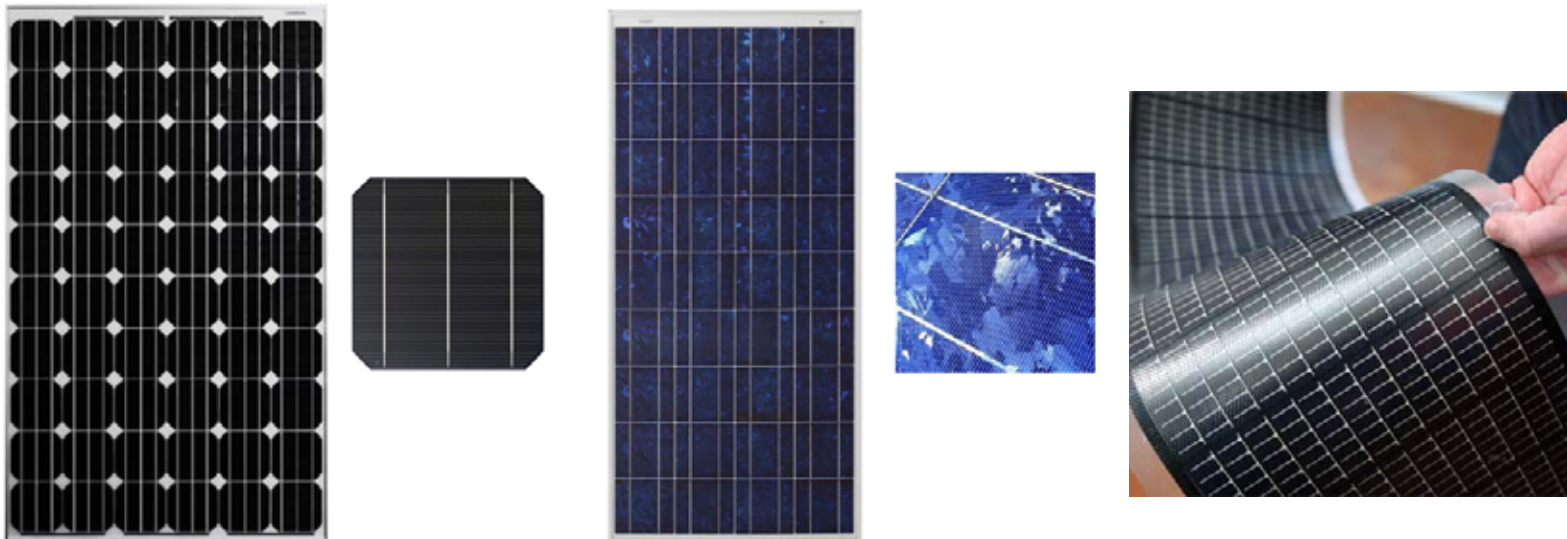
propiedades mecánicas aceptables. Las planchas de película delgada son hasta 100 veces más finas que una convencional de Silicio. Adicionalmente pueden depositarse en un sustrato económico, como el vidrio, acero inoxidable o plástico, a temperaturas mucho más bajas que estas. Los sustratos flexibles permiten que las celdas puedan enrollarse brindando ciertas ventajas de transporte y producción.

La eficiencia de las celdas de película delgada (6-8%) es bastante menor que las cristalinas (12-16%). La menor eficiencia de la película delgada es



compensada con el precio. En general los módulos solares experimentan una reducción en su eficiencia con respecto a las celdas individuales debido a la separación que existe entre celdas ya que las juntas no captan en ninguna forma la energía más si ocupan un espacio dentro de la superficie del panel. No obstante, esto no representa gran inconveniente pues en los módulos lo más importante tiende a ser el valor de watts pico (Wp). La eficiencia de los paneles solares se ve afectada principalmente por 4 factores

1. **La distribución angular de la luz.** La mayor eficiencia de las celdas se produce cuando el sol incide de forma perpendicular a aquellas. Conforme avanza el día el desplazamiento del sol provoca que esta condición solo este presente durante un par de horas.
2. **El contenido espectral de la luz.** Los paneles responden de forma diferente ante distintos tipos de



(De izquierda a derecha) celdas monocristalinas, celdas policristalinas y celdas de película delgada

espectros o composición de la luz. Estos pueden estar influenciados por el clima, la posición del sol y la contaminación.

3.El nivel de irradiación. Se refiere a la cantidad de energía disponible por área de superficie. Valores típicos están entre 1000-2000 W/m².

4.La temperatura de las celdas. En la medida que las celdas se calientan se hacen menos eficientes.

El voltaje que produce cada celda ronda los 0.5 voltios, el cual no es aprovechable en aplicaciones de suministro energético de potencia. Es por ello que los paneles solares necesitan incluir combinaciones de celdas con la finalidad de sumar el voltaje necesario del circuito. Por lo general los paneles o módulos consisten en arreglos entre 36 y 70 celdas que pueden estar conectadas en serie, paralelo o una combinación de ambos, dependiendo del nivel de voltaje que se desee. La potencia que suministra cada panel típicamente está en el rango de 250-300 Watts-pico (Wp).

Cerca del 90% de las celdas solares que se manufacturan actualmente corresponden al tipo cristalina. Aunque el futuro de las celdas de película delgada luce prometedor, lo cierto es que la tecnología no ha madurado lo suficiente. El principal reto que enfrenta es el de producir módulos eficientes y económicamente competitivos. La producción de celdas solares es un proceso que consume bastante energía. El tiempo en el cual una celda genera la electricidad necesaria para su fabricación puede ser

de 3-5 años para las celdas cristalinas y 1-4 años para las de película delgada. La cifra parece bastante alta, aun considerando que típicamente la vida útil de las unidades es 20-25 años. Es en base a estos altos intervalos de retorno que algunos argumentan que el impacto de la energía solar en gran escala no resultaría tan eficiente en el ciclo energético y el balance ambiental.

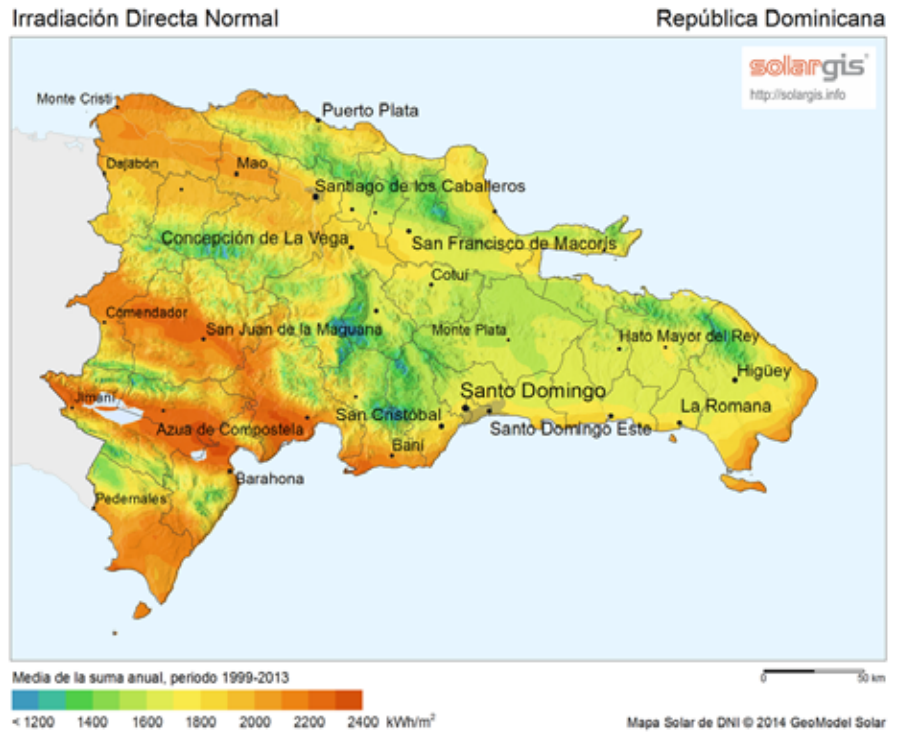
Cifras publicadas por Bloomberg New Energy Finance, dan crédito que para 1977 el costo del vatio era de \$96. Hoy día esa cifra ha experimentado una reducción del 99% al situarse en \$0.68. En el mercado local los costos del vatio instalado oscilan los USD \$1.5/vatio. La reducción en costos y el aumento de la eficiencia de los módulos solares ha permitido que en la actualidad la tecnología sea una opción de suministro eléctrico económicamente viable. Otro factor atractivo es el costo de operación nulo y el relativo poco mantenimiento que requieren para su funcionamiento en comparación con otras fuentes.

En República Dominicana, se ha tenido un crecimiento muy alentador durante los últimos 9 años, con la promulgación de la Ley 57-07 de Incentivos a la Energía Renovable. Hasta entonces la capacidad instalada en el país era muy escasa. Los incentivos fiscales de la ley 57-07 establecen una compensación fiscal del 40% de los costos de instalación de cualquier fuente de energía renovable. Pudiendo el contratante deducir anualmente la tercera parte de

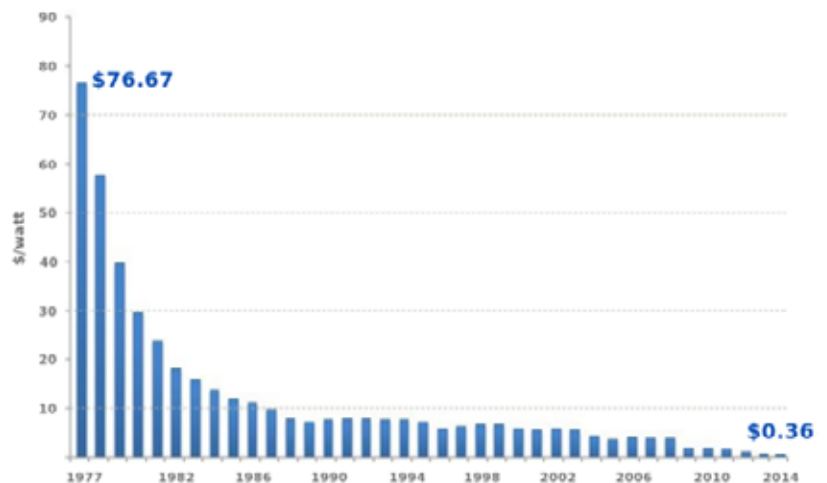
este monto del pago de impuesto sobre la renta durante un periodo de 3 años. Esto permite recuperar buena parte del costo de inversión. La ley también prevé la exoneración del pago de impuestos de los equipos necesarios para la instalación de los sistemas. Las ventajas fiscales han resultado de gran atractivo puesto que cada vez más compañías instaladoras surgen para ofrecer sus servicios producto de la demanda del mercado. Las instalaciones fotovoltaicas están creciendo exponencialmente cada año y se prevé que esta tenga una participación considerable en el futuro, a pesar de la volatilidad inherente a este medio de generación eléctrica.

El sector eléctrico dominicano se está beneficiando considerablemente de la energía fotovoltaica, la cual esta aportando a subsanar el déficit de generación. Sin embargo, si bien el crecimiento futuro proyectado está llamado a proveer un descongestionamiento del sistema, en la medida que más usuarios se tornan productores, también surgen inconvenientes desde el punto de vista de operación de los circuitos de distribución, la masificación de este esquema puede traer consigo ciertas complicaciones. Por ello la Comisión Nacional de Energía (CNE) dispuso en el año 2011 el Reglamento de Generación Distribuida, buscando regular la interconexión de estos pequeños focos de generación eléctricas a la red.

El potencial solar la República Dominicana resulta muy favorable para la instalación de sistemas fotovoltaicos. El sur del país contiene las áreas de mayor radiación (Azua, Bahoruco y San Juan). Algunas tienen una media anual de hasta 2400 W/m². El gran Santo Domingo tiene una radiación promedio entre 1400-1800 W/m², la cual todavía es muy buena el aprovechamiento eléctri-



Mapa solar de la República Dominicana.
Fuente: SolarGIS



Precio del vatio de energía fotovoltaica
Fuente: Bloomberg

co. En las áreas boscosas existen menores índices de radiación debido a que las plantas absorben parte de la luz y por ende hay un menor índice de reflexión solar.

El Experimento de la Doble Ranura

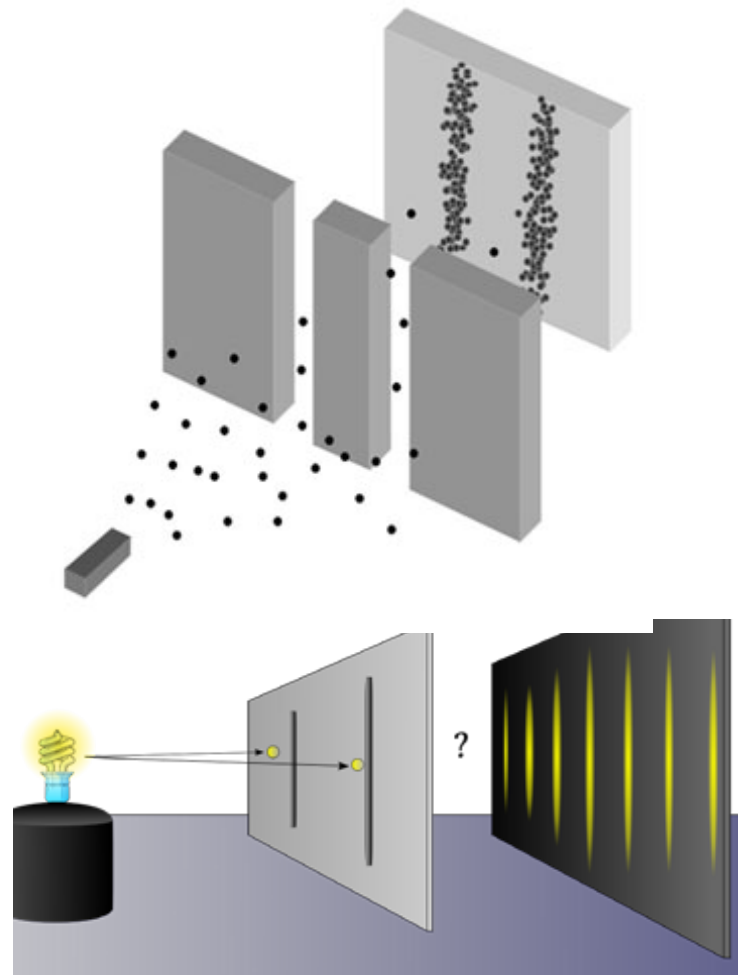
Revelación de uno de los más grandes misterios de la física

La fenomenología cuántica acosa a la física moderna en muchos aspectos que resultan inexplicables por la lógica convencional. Hoy día, en la escala atómica, se producen tales distorsiones entre los conceptos de causa y efecto que han puesto en debate el mismísimo concepto de realidad. Ciertamente es que nuestra apreciación de los fenómenos no necesariamente está ceñida a aquello que denominamos real. Advertimos al lector que los experimentos que referiremos a continuación bien podrían parecer actos esotéricos más que científicos.

El experimento de la doble ranura es una clásica paradoja del siglo XX. Sus resultados son simplemente demasiado alucinantes, sin embargo son reales. Esencialmente ellos demuestran cómo la obtención de información afecta el comportamiento de la materia en la escala atómica. Para facilitar su entendimiento nos hemos auxiliado de un muy intuitivo [video del Dr. Quantum](#). En todo caso a continuación una ofrecemos una breve descripción

El experimento de Young o de la doble rendija, fue realizado por primera vez en 1801 con el objetivo de demostrar la naturaleza ondulatoria de la luz. Para ello Thomas Young proyectó una fuente de luz lejana a una pantalla con dos hendiduras y observó que el patrón de luz proveniente desplegado en una pantalla posterior era propio del que muestran las ondas que interfieren entre sí. La prueba evidenció que la luz tenía propiedades de ondulatorias y contribuyó así para que fuese descartada la teoría corpuscular propuesta por Newton más de un siglo atrás. Sin embargo, en 1905 Albert Einstein publicó su contundente explicación acerca del efecto fotoeléctrico. Nuevamente la comunidad científica tuvo la necesidad de comprobar la verdadera naturaleza de la luz y se propuso replicar el experimento de la doble rendija con partículas atómicas.

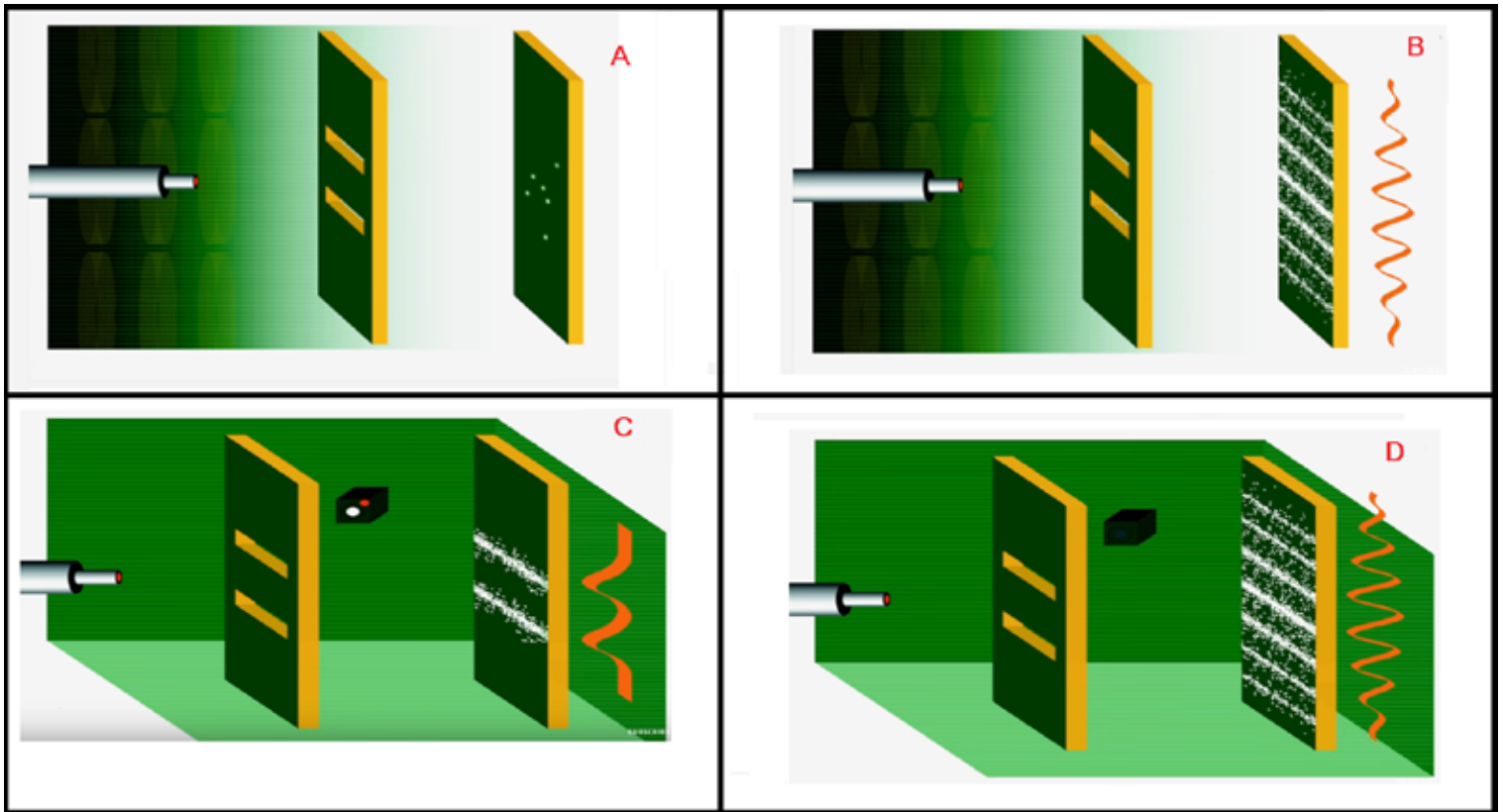
En 1974 se realizó el experimento arrojando electrones uno a uno hacia una pantalla pasando primero por dos rendijas (anteriormente las pruebas se realizaron con haces de luz). El resultado mostró, de forma contradictoria, que la ubicación de las partículas al llegar a la pantalla de registro, mostraban un patrón consistente con el que muestran las ondas



Disposición del experimento de la doble ranura. (arriba) se muestra el patrón natural de las partículas. (debajo) Patrón ondulatorio obtenido en el experimento

que interfieren entre sí. No obstante, surgió el interés en conocer por cuál de las dos aberturas pasaba realmente la partícula y para ello se incluyeron detectores en las ranuras, lo que ocurriría después sería la confirmación de algo misteriosamente fascinante, y es que cuando se intentaba medir, el patrón de interferencia desaparecía, como por arte de magia. Los electrones entonces se aglutinaban en dos franjas tal cual se esperaría lo hicieran las partículas: el simple acto de observar alteraba el resultado. Más tarde la prueba fue replicada con partículas pesadas “bucky balls” consistente de 60 átomos de carbono, los resultados fueron los mismos.

En 1927 Werner Heisenberg llamó a este fenómeno



Representación grafica del experimento de la doble ranura. A) Los electrones son disparados uno a uno. B) Patrón de interferencia formado por acumulación. C) Patrón de doble ranura(detector encendido). D) Patrón de interferencia (detector apagado).

no el colapso de la función de onda. La cual ocurre cuando un sistema cuántico que exhibe la superposición de varios estados parece reducirse a un solo de estos por el simple acto de la observación. Es decir, cuando un fenómeno que existe de múltiples formas simultáneamente es observado este es forzado a reducirse a solo uno de estos para ser consistente con la realidad. Los resultados de la prueba dependen de si existen o no datos para determinar por cuál de las dos aberturas pasa la partícula. Mientras no se conozca o sea posible que aquella tome indiferentemente uno u otro camino, entonces obtendremos el patrón de interferencia. En caso contrario, tendremos un patrón de acumulación.

La decisión retardada de Wheeler es una célebre paradoja, que ilustra las implicaciones de los resultados del experimento de la doble rendija ejercerían en el tiempo. En teoría, si un rayo de luz que se viaja millones de años luz de distancia hasta llegar la tierra, es afectado en su trayecto por la enorme gravedad de una galaxia, entonces la luz podría tomar varias trayectorias curvas rodeando la galaxia y sería posible replicar el experimento de la doble rendija al coleccionar la luz en un espejo. En esta situación, se obtendría interferencia pues no sabríamos con certeza por cual lado arribaría la luz. Sin embargo, si decidimos mirar con telescopios hacia las posibles

ubicaciones para conocer su ruta, entonces necesariamente, se producirá el colapso. No obstante, para que tal cosa ocurriese la luz tendría que tomar una decisión que ya de hecho habría tomado millones de años antes, cuando cruzaba por la galaxia.

Lo que proponen estos resultados no digerible fácilmente. Algunos dicen que es en nuestra forma de percibir la realidad donde esta la distorsión. Kant, entendió que somos incapaces de conocer las cosas como son en sí mismas. Lo que llamamos real adquiere una versión diferente cuando lo vemos a través de estas dos rendijas.

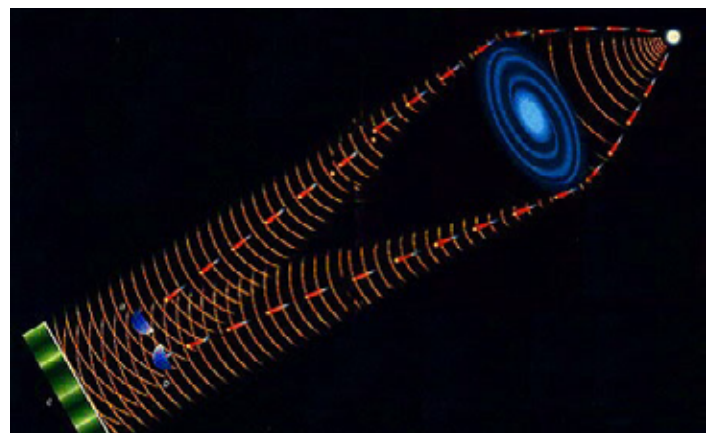


Ilustración de la paradoja de Wheeler



50 AÑOS OFRECIENDO LO MEJOR EN

- *MOTORES ELECTRICOS*
- *SISTEMAS DE BOMBEO*
- *GRÚAS PUENTE Y POLIPASTOS*
- *ARRANCADORES*
- *MOTORREDUCTORES ELECTRICOS*
- *VARIADORES DE FRECUENCIA*
- *BREAKERS*
- *TRANSFORMADORES SECOS*

SOLUCIONES EN SUMINISTRO DE AGUA



Av. Charles Summer No. 51, Los Prados. Tel. 809 563 5525

www.sd.com.do

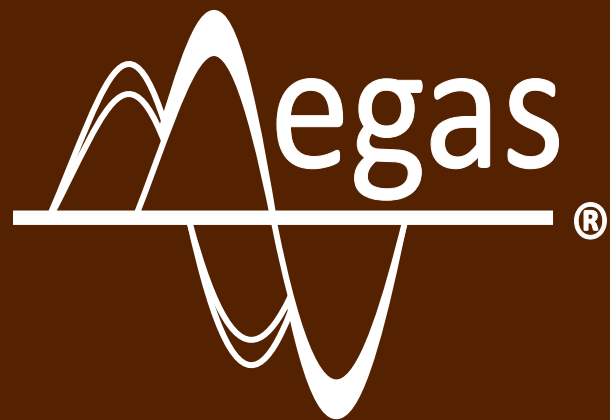
Solicite una cotización haciendo click en ventas@sd.com.do

De hoy y de ayer: La Pascalina

El pariente mas remoto de la computación nació en 1645



Blaise Pascal (1623-1662), genio destacado en diversas disciplinas, realizó un aporte notable a la informática. En 1645 presentó al mundo la primera calculadora basada en engranajes. Este episodio bien puede considerarse como uno de los primeros y más remotos antecedentes de la computación. A pesar de que no era el primer instrumento mecánico para la realización de cálculos aritméticos, el dispositivo fue toda una novedad debido a que representaba la automatización del proceso. La calculadora permitía realizar operaciones de adición y sustracción de forma directa, aunque esta última se obtenía en base al procedimiento de complemento dado que la máquina no asimilaba números negativos. La multiplicación y la división podían llevarse a cabo indirectamente, por medio de sumas y restas sucesivas. La máquina era de operación bastante sencilla y resultaba 100% precisa salvo que tuviese algún desperfecto mecánico. Hoy día se conservan unas 9 pascalinas originales. El instrumento, que no llegó a ser nunca una herramienta de uso popular, pero sirvió como uno de los primeros pasos en el desarrollo de la automatización en base a la lógica.



Engineering & Press