



Vitecfv # 1: "FV para Cuba" Nov. 2020. Dr. Daniel Stolik.

La vigilancia tecnológica, la consultoría FV y los Talleres de CUBAFV de la Universidad de la Habana, inicialmente en el Laboratorio FV de la Facultad de Física y posteriormente en el IMRE, han contribuido: - primero al convencimiento de las oportunidades que brinda la FV para su aporte eléctrico al MIX en Cuba, y - después al desarrollo FV alcanzado, aún incipiente pero sumamente importante, logrado en los últimos años por el MINEM y la UNE.

En el seguimiento de esta contribución, en el marco de la relación Universidad-Empresa, continuaremos nuestro aporte a través de la distribución, desde el servidor del nodo de la red de la UH, por listado de correos específico, en adjuntos del consecutivo denominado "vitecfv" (acrónimo de vigilancia tecnológica FV).

En este primer "vitecfv # 1" enviamos la relación de los contenidos del libro de 500 páginas financiado por la UNE y editado por CUBASOLAR. Para los colegas que no lo posean lo pueden descargar (pesa unos 90 Mb) desde el sitio WWW.cubasolar.com, "biblioteca solar" en "selección de libros". En los próximos envíos de "vitecfv" mantendremos la actualización, análisis y argumentos para el posible y necesario incremento de corto, mediano y largo plazo de la FV para el aporte de la paulatina sustitución de los combustibles fósiles conducente a la disminución: 1.- del costo del kWh generado en el MIX y 2.- de la alta subvención existente de la generación eléctrica.

El listado de correos seleccionado suma a más de 200 colegas, los que podrán enviar criterios, solicitud de temas, dudas, etc. a " stolik@imre.uh

Podemos incluir nuevos suscriptores que deben enviar sus correos, así como eliminar del listado a aquellos que lo soliciten.

Saludos cordiales:

Dr. C. Daniel Stolik.

Consultoría, Vigilancia Tecnológica y Talleres "CUBAFV"

Profesor Titular, Investigador del IMR UH

Tel, 72095812 cel. 53572300 , stolik@imre.uh.cu

CONTENIDOS DEL LIBRO "FV PARA CUBA"

Índice

Prologo

CAPITULOS:

- **Introducción.**
- **Escenarios eléctricos.**
- **Energía solar.**
- **Fuentes Renovables de energía**
- **Energía y efecto fotovoltaico.**
- **Celda solar fotovoltaica.**
- **Módulos fotovoltaicos.**
- **El sistema fotovoltaico.**
- **Construcción, mantenimiento y montaje.**
- **Aplicaciones.**

- **Costos fotovoltaicos.**
- **Desarrollo mundial.**
- **Penetración - integración fotovoltaica en Cuba.**
- **Financiamientos fotovoltaicos.**
- **Estrategia fotovoltaica en Cuba.**

Capítulo 1. Introducción. Pág. 1

1.1. Consumo energético mundial. **1.1.1.** Energía primaria y secundaria. **1.2.** Evolución de las reservas de combustibles fósiles. **1.3.** Energía fotovoltaica. **1.3.1.** Energía fotovoltaica hasta el año 2010. **1.3.2.** La fotovoltaica en 2011. **1.3.3.** La fotovoltaica en 2013. **1.3.4.** La fotovoltaica en 2014 y 2015. **1.3.5.** La fotovoltaica en 2016 y 2017. **1.4.** Amenazas y retos. **1.5.** Programa fotovoltaico. **1.6.** Contaminación ambiental. **1.7.** El libro. **1.8.** Aportes de la fotovoltaica.

Capítulo 2. Escenarios eléctricos. Pag.15

2.1. Generación eléctrica mundial. **2.2.** Sistemas de generación y distribución centralizados. **2.3.** Consumo futuro eléctrico mundial. **2.3.1.** Consumo de carbón. **2.3.2.** Generación mundial de electricidad por componentes del MIX. **2.3.3.** Petróleo crudo pesado. **2.4.** Transición del MIX a un nuevo paradigma. **2.4.1.** Transición temprana. **2.4.2.** El nuevo paradigma. **2.5.** Costo de la energía eléctrica. **2.6.** La energía eléctrica en Cuba. **2.7.** Costo del kWh fósil en Cuba. **2.8.** Niveles de consumo eléctrico de Cuba vs. mundial. **2.9.** Niveles de consumo eléctrico de Cuba por sectores. **2.10.** Consumo eléctrico en el sector industrial en Cuba. **2.11.** Aumentos futuros del consumo eléctrico en Cuba.

Capítulo 3. Energía solar. Pág. 41

3.1. El Sol. **3.2.** Reservas energéticas. **3.3.** Radiación mundial promedio anual normal. **3.3.1.** Radiación directa. **3.3.2.** Radiación difusa. **3.4.** Espectro de radiación solar. **3.5.** Movimiento aparente del Sol con respecto a la Tierra. **3.5.1.** Intermitencia en 24 horas. **3.5.2.** Movimiento de un año. **3.6.** Radiación solar en Cuba, promedio total y por meses. **3.7.** Relación entre radiación directa y difusa en Cuba.

Capítulo 4. Fuentes renovables de energía. Pág. 57

4.1. Energía alternativa. **4.2.** Desarrollo sostenible. **4.3.** Fuentes de energía: fósil, nuclear y renovable. **4.4.** Diversas fuentes renovables de energía. **4.5.** Tiempo de acumulación de la energía solar por fuentes. **4.5.1.** Fósiles. **4.5.2.** Contemporáneas. **4.5.3.** Instantáneas. **4.6.** Características de los distintos tipos de fuentes renovables de energía. **4.6.1.** Biomasa. **4.6.2.** Bagazo de caña de azúcar. **4.7.** Hidroeléctrica. **4.8.** Eólica. **4.9.** Termo solar. **4.10.** Geotérmica. **4.11.** Energía marina. **4.11.1.** Energía de las olas. **4.11.2.** Energía de las mareas o mareomotriz. **4.11.3.** Energía de las corrientes. **4.11.4.** Maremotérmica. **4.11.5.** Energía osmótica. **4.12.** Bioenergías. **4.13.** Biocombustibles de segunda generación. **4.14.** Jatropha (jatrofa) curcas. **4.15.** Preocupaciones existentes. **4.16.** Crecimiento de la generación eléctrica de las fuentes renovables de energía. **4.16.1.** Aportes de las fuentes renovables de energía a la generación eléctrica. **4.16.2.** Evolución de las fuentes renovables de energía conectadas a red (2007-2016). **4.16.3.** Capacidad de las fuentes renovables de energía no conectadas a red (2007-2016). **4.17.** Desarrollo de las renovables por países. **4.18.** Pronósticos de generación mundial eléctrica de fuentes renovables de energía.

Capítulo 5. Energía y efecto fotovoltaico. Pág. 85

5.1. Ventajas de la energía fotovoltaica. **5.1.1.** Sol disponible en todo el mundo. **5.1.2.** Silicio disponible en todo el planeta. **5.1.3.** La más instantánea de las energías solares. **5.1.4.** Sin partes móviles para sistemas fijos. **5.1.5.** Aplicaciones versátiles en amplio rango de potencia. **5.1.6.** Accesibilidad y poco riesgo tecnológico. **5.1.7.** Fácil traslado y rápida instalación. **5.1.8.** Aditiva. **5.1.9.** Utiliza poca agua. **5.1.10.** Benigna para el medio ambiente. **5.1.11.** Costos de operación y mantenimiento más bajos. **5.1.12.** Genera energía para su almacenamiento. **5.1.13.** Se puede utilizar en corriente directa y en corriente alterna. **5.1.14.** Silenciosa. **5.1.15.** Se abarata continuamente. **5.1.16.** Promedio de radiación estable y predecible. **5.3.** Desventajas de la energía fotovoltaica. **5.3.1.** .Baja eficiencia?. **5.3.2.** .Alto costo?. **5.3.3.** .Carácter intermitente. **5.3.4.** .Es subsidiada. **5.3.5.** .No es combustible para el transporte. **5.3.6.** .El área es un problema para la fotovoltaica?. **5.3.7.** .La conexión a red fotovoltaica es de países ricos?. **5.3.8.** .No compete con las fósiles ni la nuclear?. **5.3.9.** .Al silicio le queda poco

en la fotovoltaica?. **5.4.** El efecto fotovoltaico. 5.4.1. Semiconductor intrínseco. 5.4.2. Semiconductor extrínseco. 5.4.3. Unión o juntura p-n. 5.4.4. Planteamiento teórico de la celda.

Capítulo 6. Celda solar fotovoltaica. Pág. 103.

6.1. Materiales fotovoltaicos. **6.2.** Celdas de laboratorio vs. industriales. 6.2.1. Multijunturas. **6.3.** Tipos y eficiencias de celdas fotovoltaicas. **6.4.** Producción mundial por tipos de celdas. **6.5.** La celda fotovoltaica de silicio. 6.5.1. Mineral de silicio. 6.5.2. Silicio grado metalúrgico. 6.5.3. Silicio líquido puro. 6.5.4. Silicio sólido puro. **6.6.** Evolución del costo de poli silicio puro. **6.7.** Producción de silicio grado solar. 6.7.1. Primeros productores mundiales de silicio puro. **6.8.** Crecimiento de cristales de silicio. **6.9.** Obleas y celdas de silicio. **6.10.** Accesibilidad industrial vs. microelectrónica. **6.11.** Producción mundial y por países de celdas solares. **6.12.** Costos de la celda de silicio cristalino. **6.13.** Eficiencias de las celdas fotovoltaicas industriales. **6.14.** Pronósticos de producción de celdas. **6.15.** El watt pico. 6.15.1. El Sol artificial. 6.15.2. Relación del watt pico con horas pico y la radiación solar. **6.16.** Veinte razones sobre el éxito de las celdas de silicio cristalino.

Capítulo 7. Módulos fotovoltaicos. Pág. 127

7.1. Tipos y evolución porcentual de la producción de módulos. **7.2.** Componentes del módulo. **7.3.** Características de los materiales que conforman un módulo de silicio cristalino. 7.3.1. Vidrio plano. 7.3.2. Etil vinil acetato transparente. 7.3.3. El Tedlar®. 7.3.4. Aluminio. 7.3.5. Otros materiales. **7.4.** Evolución de los costos del módulo fotovoltaico. 7.4.1. Costo del módulo fotovoltaico en 2016 y 2017. **7.5.** Producción por tipo de módulos y eficiencias. **7.6.** Producción de módulos fotovoltaicos por países. **7.7.** Empresas fotovoltaicas integrales. **7.8.** Duración de los módulos. **7.9.** Innovaciones tecnológicas en los módulos fotovoltaicos. 7.9.1. Módulos fotovoltaicos integrados inteligentes. **7.10.** Módulo fotovoltaico de mayores eficiencias. **7.11.** Costo del módulo a mediano plazo.

Capítulo 8. El sistema fotovoltaico. Pag.145

8.1. Instalaciones fotovoltaicas remotas aisladas. **8.2.** Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red. **8.3.** El balance del sistema fotovoltaico. **8.3.1.** Inversor fotovoltaico. 8.3.2. Prestaciones de los inversores. 8.3.3. Características de los inversores fotovoltaicos. 8.3.4. Resumen de las funciones de los inversores actuales. 8.3.5. Clasificación de los inversores. 8.3.6. Mercado por tipo de inversores. 8.3.7. Costos de los inversores fotovoltaicos. 8.3.8. Productores de inversores fotovoltaicos. 8.3.9. Ganancias de los productores de inversores. **8.4.** Estructuras soportes fotovoltaicas. 8.4.1. Fijación del módulo a la estructura. 8.4.2. Resistencia de la propia estructura. 8.4.3. Fijación de la estructura a la superficie. **8.5.** Cableado. **8.6.** Componentes de costos por labor. **8.7.** Costos posteriores (de por vida útil) del sistema fotovoltaico. **8.8.** Costos de capital. **8.9.** Eficiencia de las instalaciones fotovoltaicas.

Capítulo 9. Construcción, montaje y mantenimiento. Pag.163

9.1. Estructuras fotovoltaicas y el viento. 9.1.1. Resistencia del módulo fotovoltaico a la velocidad del viento. **9.2.** Probabilidades de riesgos vs. costos de los huracanes en los sistemas fotovoltaicos. Probabilidades: 1. No todo el sistema FV sufre. 2. Filas de dos módulos. 3. Filas FV más largas. 4. Angulo de inclinación (tilt) de 15°. 5. Comportamiento porcentual ante incremento de vientos. 6. Determinación del riesgo. 7. Procedencia de los vientos. 8. Obstáculos rompe vientos. 9. Zona de vientos máximos 10. Dirección de vientos más dañinos. 11. Distribución de instalaciones. 12. Orientación este-oeste. **9.3.** Probabilidad total final integral. **9.4.** Experiencia internacional por daños de huracanes. **9.5.** Conclusión sobre riesgos vs. costos fotovoltaicos ante huracanes. **9.6.** Fijaciones de las estructuras soportes fotovoltaicas. **9.7.** Sistemas fotovoltaicos en techos, cubiertas y suelos. **9.8.** Orientación de los paneles. **9.9.** Mantas flexibles fotovoltaicas e impermeabilización de techos. 9.9.1. ¿Es correcta esta afirmación? **9.10.** La impermeabilización. **9.11.** Pintura impermeabilizante. **9.12.** Techo blanco. Una buena oportunidad para la fotovoltaica. **9.13.** Mantenimiento de sistemas fotovoltaicos conectados a red. 9.13.1. ¿Que debe hacer el operador?. 9.13.2. Control del rendimiento. 9.13.3. Niveles de actuación de mantenimiento. 9.13.4. Mantenimiento preventivo. 9.13.5. Limpieza periódica. Características. 9.13.6. Inspección visual para detectar posibles fallos. 9.13.7. Mediciones periódicas de la curva I-V. 9.13.8. Análisis de puntos calientes. 9.13.9. Mantenimiento de la estructura. 9.13.10. Mantenimiento del inversor. 9.13.11. Mantenimiento de las instalaciones y equipos. 9.13.12. Mantenimiento correctivo. **9.14.**

Infraestructura de calidad de instalaciones fotovoltaicas. Normas. 9.14.1.Relación de normas fotovoltaicas IEC en 2017.

Capítulo 10. Aplicaciones. Pag.193

10.1. Aplicaciones aisladas remotas. **10.2.** Aplicaciones en el sector residencial. **10.3.** Aplicaciones fotovoltaicas en otros sectores. **10.4.** Instalaciones fotovoltaicas en techos y cubiertas vs. suelo. **10.5.** Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, descentralizadas y centralizadas. **10.6.** Desarrollo fotovoltaico de mayores potencias en techos.**10.7.** Sistemas fotovoltaicos fijos vs. con seguimiento. **10.8.** Eficiencias de sistemas fotovoltaicos con seguimiento.**10.9.** Aumento temporal de la generación eléctrica. **10.10.** Características de sistemas fotovoltaicos fijos. **10.11.** Conclusión sobre instalaciones con seguimiento. **10.12.** Consumo instantáneo o diferido de la electricidad fotovoltaica.**10.13.** Tecnologías de almacenamiento de energía eléctrica. **10.14.** Almacenamiento eléctrico en baterías via fotovoltaica. **10.15.** Aplicaciones fotovoltaicas en el transporte. **10.16.** El hidrogeno y la fotovoltaica. **10.17.** Transporte centralizado en líneas eléctricas. **10.18.** Transporte por almacenamiento en baterías. **10.19.** Ventajas del transporte eléctrico. **10.20.** Evolución del transporte por almacenamiento eléctrico. **10.21.** Países con mayor transporte eléctrico.**10.22.** Pronósticos del número de automóviles eléctricos. **10.23.** Puntos de carga y descarga para vehículos eléctricos.**10.23.1.** Modos de recarga. **10.24.** Costo del recorrido eléctrico vs. combustible. **10.25.** Mantenimiento y reparaciones.**10.26.** Autobuses eléctricos. **10.27.** Oportunidad para el transporte en Cuba con ayuda de la fotovoltaica.**10.27.1.** Cerca de18 MW FV para los autobuses en La Habana. **10.28.** Aumento de la generación fotovoltaica en la red por almacenamiento. **10.29.** Aumento del almacenamiento fotovoltaico. **10.30.** Costo del kilowatt hora almacenado. **10.30.1.** Ejemplos de costos de batería. **10.30.2.** Baterías de nivel utility. **10.31.** Baterías de níquel. **10.31.1.** Baterías de níquel-hidruro metálico. **10.31.2.** Batería de níquel-hierro. **10.31.3.** El grafeno y la batería de níquel-hierro. **10.32.** Aplicaciones fotovoltaicas en la arquitectura.

Capítulo 11. Costos fotovoltaicos. Pag.227

11.1. El kilowatt hora fotovoltaico.**11.1.1.** Calculo del costo del kilowatt hora fotovoltaico.**11.2.** Costo nivelado(LCOE).**11.3.** Costo evitado (LACE).**11.4.** Calculo explicito del kilowatt hora fotovoltaico.**11.5.** Costos duros y costos blandos.**11.5.1** Hardcost por países.**11.5.2** Softcost por países.**11.5.2.1.** Otros softcost (rest softcost).**11.5.3.** Otros hardcost mas softcost utility , mas otros softcost .**11.6.** Costos totales fotovoltaicos (hard mas soft) por países. **11.7.** Costos de capital. **11.8.** Costos y precios del kilowatt hora utility fotovoltaico. **11.9.** Pronostico de costos del kilowatt hora hasta 2021. **11.10.** Costo del kilowatt hora fotovoltaico debido al softcost. **11.11.** Costo total del kilowatt pico y del kilowatt hora fotovoltaico debido al hard mas el soft. **11.12.** Evolución del costo total del kilowatt hora fotovoltaico entre 2016 y 2021. **11.13.** Costos por sectores y por potencias. **11.14.** Comparación de costos por tipos de fuentes de energía. **11.15.** Influencia de la radiación solar en el costo del kilowatt hora fotovoltaico. **11.16.** Recuperación de costos por reciclaje de módulos. **11.16.1.** Otras recuperaciones de costos fotovoltaicos. **11.16.2.** Proyecciones de acumulación de residuos de paneles fotovoltaicos.**11.16.3.** Recuperación de materiales para 2030 en toneladas.

Capítulo 12. Desarrollo mundial. Pag. 251

12.1. Evolución de las producciones anuales de la fotovoltaica.**12.2.** Potencia fotovoltaica acumulada. **12.3.** Comportamientos exponenciales de producciones y costos fotovoltaicos.**12.4.** Instalaciones fotovoltaicas mundiales anuales y acumuladas.**12.5.** Instalaciones fotovoltaicas en 2017.**12.6.** Desarrollo de instalaciones fotovoltaicas acumuladas en algunos países.**12.7.** Instalaciones fotovoltaicas por países en 2017.**12.8.** Aumento del número de países con instalaciones fotovoltaicas. **12.9.** Países líderes en instalaciones fotovoltaicas.**12.9.1.** Países líderes en instalaciones fotovoltaicas per cápita.**12.10.** Desarrollo fotovoltaico por sectores.**12.11.** Desarrollo fotovoltaico de potencias menores a mayores.**12.12.** Despegue del número de instalaciones de nivel utility.**12.12.1.** Plantas mayores de 4 MW.**12.12.2.** Velocidad del aumento de parques de nivel utility.**12.12.3.** Plantas fotovoltaicas mayores del mundo. **12.12.4.** Plantas fotovoltaicas mayores instaladas en techos y cubiertas.**12.13.** Pronósticos de crecimientos fotovoltaicos por países.**12.13.1.** Pronostico de producción mundial fotovoltaico en 2022.**12.13.2.** Pronostico de producción mundial a mas largo plazo.**12.14.** Posible integración

fotovoltaica de Latinoamérica y el Caribe.12.14.1. Estrategia y metas.12.14.2. Antecedentes.12.14.3. Objetivos.12.14.4. Posibles acciones previas.12.14.5. Radiación solar.12.14.6. Costos del kilowatt hora fotovoltaico. 12.14.7. Investigación-desarrollo en ciencia y técnica. 12.14.8. Complementariedad de países de la region.12.14.9. Costos de capital.12.14.10. Alianzas extra region. 12.14.11. Estudios de factibilidad y pasos.12.14.12. Participantes.

Capítulo 13. Penetración-integración fotovoltaica en Cuba . Pág., 281

13.1. Amenazas y retos para el desarrollo fotovoltaico en Cuba. **13.2.** Penetración - integración fotovoltaica.**13.3.** La fotovoltaica, un fenómeno reciente.**13.4.** Medidas para incrementar la penetración - integración fotovoltaica. 13.4.1. Aumentar la generación fotovoltaica por los bordes de la red.13.4.2. Utilizar la distribución dispersa de instalaciones. 13.4.3. Instalar plantas fotovoltaicas de nivel utility, que inyecten 100 % a la red.13.4.4. Desarrollar sistemas de autoconsumo fotovoltaico.13.4.5. Promover las instalaciones «del lado del cliente» de consumo mayormente diurno.13.4.6. Priorizar instalaciones de acumulación natural (bombeo de agua).13.4.7. Priorizar la correspondencia carga-radiación (climatización).13.4.8. Utilizar la fotovoltaica para aumentar sensiblemente el desarrollo industrial del país. 13.4.9. Combinar la fotovoltaica con otras fuentes renovables (eólica, hidroeléctricas, bioeléctricas).13.4.10. Utilizar plantas termoeléctricas de generación flexible.13.4.11. Utilizar las prestaciones de los inversores.13.4.12. Utilizar la información del pronóstico de corto plazo (horas). 13.4.13. Utilizar ahorradores diesel y fuel eléctricos fotovoltaicos.13.4.14. Utilizar el almacenamiento de energía eléctrica.13.4.15. Modernizar el estado y la robustez de la red.13.4.16. Introducir al máximo la automatización.13.4.17. Desarrollar las redes inteligentes y el despacho eléctrico en condiciones de red inteligente.13.4.18. Desarrollar micro redes inteligentes.13.4.19. Gestionar la red y cambiar el perfil I de la curva de carga. 13.4.19.1. Gestión de la red y rampas de la curva de carga.13.4.19.2. Curva de carga de pico «fatal».13.4.20. Acciones a mas largo plazo.13.4.20.1. Grandes plantas fotovoltaicas inyectando a transmisión. 13.4.21. Interconexiones eléctricas de transmisión submarina.13.4.22. Sistemas fotovoltaicos espaciales.13.4.23. Red eléctrica mundial. **13.5** Aumento de exigencias técnicas.

Capítulo 14. Financiamientos fotovoltaicos. Pág. 303

14.1. Barreras y retos.**14.2.** Nivel de inversiones de las fuentes renovables de energía.**14.3.** Subvenciones.**14.4.** Tarifa especial.**14.5.** Facturación neta.**14.6.** Paridad fotovoltaica.**14.7.** Alternativas de financiamiento.14.7.2. Contrato de compra venta. 14.7.2.1. Records actuales de pagos más bajos en contratos de compra venta. 14.7.3. Autofinanciamiento fotovoltaico.**14.8.** El incentivo al cliente.**14.9.** Costo promedio del kilowatt pico fotovoltaico.**14.10.** Costo del kilowatt hora de electricidad fósil.**14.11.** Diferencia entre el costo del kilowatt hora fósil y el fotovoltaico en Cuba.**14.12.** Incentivos para el financiamiento por autoconsumo. **14.13.** Autofinanciamiento de las instalaciones fotovoltaicas.14.13.1. Recuperación de la inversión fotovoltaica.**14.14.** Disminución de costos futuros y financiamientos. **14.15.** El gas combustible, la fotovoltaica y los financiamientos.

Capítulo 15. Estrategia fotovoltaica en Cuba. Pág. 327

15.1. Fotovoltaica aislada remota.**15.2.** fotovoltaica conectada a la red eléctrica.**15.3.** Países que han sobrepasado 1000 MW FV acumulado.**15.4.** Adelantos tecnológicos de los componentes de la fotovoltaica .15.4.1. Celdas fotovoltaicas.15.4.2. Módulos fotovoltaicos.15.4.3. Inversores fotovoltaicos.15.4.4. Estructuras soportes.15.4.5. Cableado.**15.5.** Costo total del kilowatt pico y del kilowatt hora fotovoltaico, debido al hard y soft. **15.6.** Aportes nacionales para disminuir costos fotovoltaicos.**15.7.** Financiamientos.**15.8.** Estrategia fotovoltaica por sectores.**15.9.** Comparación de sectores industrial y residencial en Cuba. **15.10.** El autoconsumo en las industrias.**15.11.** Dimensiones de las instalaciones fotovoltaicas en las industrias.**15.12.** Ejemplos del potencial fotovoltaico de grandes consumidores del sector industrial en Cuba.15.12.1. La acumulación natural, bombeo de agua.15.12.2. Estaciones de bombeo en acueductos.15.12.3. Grandes estaciones de bombeo consumidoras.15.12.4. La fotovoltaica y la climatización en Cuba. 15.12.5. Frigoríficos.15.12.6. Grandes clientes de frigoríficos. 15.12.7. Climatización y refrigeración en hoteles turísticos.**15.13.** El sector industrial y la fotovoltaica en Cuba.15.13.1. La industria siderúrgica.15.13.2. Otros grupos grandes consumidores industriales.15.13.3. Grupo 1 (Tabla 15.6). Mayores industrias consumidoras de mas de 450 000 kWh/mes. 15.13.4. Grupo 2 (Tabla 15.7). Industrias consumidoras entre 300 000 y 450 000 kWh/mes. 15.13.5. Grupo 3

(Tabla.15.8). Industrias consumidoras entre 100 000 y 300 000 kWh/mes.15.13.6. Grupo 4 (Tabla 15.9). Industrias que consumen cada una menos de 100 000 kWh/mes.15.14. Estrategia fotovoltaica de corto a largo plazo.15.15. Estrategia de consolidaciones temporales.15.16. Estrategia hasta el año 2030.15.17. Propuesta de variante en el año 2013.15.18. Propuesta de variante en el año 2016 de 3 000 MW FV para 2030.15.19. Estrategia a más largo plazo (hasta 2055).15.19.1. Desarrollo sostenible o ver «el final de la película». 15.19.2. ¿Es mucho 3000 MW FV para 2030 y 9000 MW FV para 2055?. 15.20. Fuentes de financiamiento para el nivel de desarrollo fotovoltaico planteado..15.20.1. Autofinanciamiento de las instalaciones fotovoltaicas hasta 2030.15.20.2. Autofinanciamiento fotovoltaico de muy largo plazo posterior a 2030.15.21. Conclusiones

Referencias bibliográficas. Pág., 418

Bibliografía consultada. Pág., 418

Artículos publicados en *Boletín del Grupo Gestión del Conocimiento, de Dirección Técnica de la UNE.* Pag, 418

Lista de sitios Web relacionados con la fotovoltaica Pág., 418

Siglas (español/inglés). Pág., 418

ANEXO 1. Desarrollo de las celdas hasta 1990. Pág., 404

Celdas de: silicio cristalino. Celdas de silicio mono cristalino. De silicio amorfo. De multijunturas de silicio amorfo (a:Si). De arseniuro de galio. Confinamiento de luz. Celdas de capas delgadas poli.cristalinas. De cobre-indio-selenio (CIS). De telururo de cadmio. De capas delgadas de silicio. De concentración. De multijuntura. Celdas de otros tipos.

ANEXO 2. Aplicaciones fotovoltaicas hasta principios de la década de los noventa Pág., 418. Aplicaciones de sistemas FV autónomos. Aplicaciones híbridas. Aplicaciones conectadas a la red. Otras aplicaciones.

ANEXO 3. Complementos sobre la automatización y la fotovoltaica Pág. 426
Regulación de frecuencia-potencia. Innovaciones tecnológicas. Almacenamiento híbrido de energía. El autoconsumo. Electrónica de potencia. Mas sobre micro redes inteligentes.

ANEXO 4. Subvenciones a los combustibles fósiles. Pág. 431

La Agencia Internacional de Energía. La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. El Fondo Monetario Internacional. Energía primaria y electricidad. El cambio climático. Cuba.

ANEXO 5. Relación de 606 industrias grandes consumidoras de electricidad

Pag.437 Sector industrial y la fotovoltaica en Cuba. Posibles instalaciones FV en el sector industrial. Conclusiones.

ANEXO 6. ¿Con quién compararnos en fotovoltaica? Pag.458

Hawái, características y diferencias. Ejemplos de otras islas. Puerto Rico, principales centrales, recomendación para Puerto Rico de apostar por solar y eólica. Chipre. Las interconexiones fotovoltaicas. Otros países. Jordania. Kiribati. Reunión. Barbados. Cabo Verde. Islas Baleares (Mallorca, Menorca, Ibiza y Formentera). Conclusiones

ANEXO 7. Aportes de las interconexiones eléctricas a la fotovoltaica. Pág.

477 Conexión mundial futura de energía eléctrica. Europa. Posibles interconexiones a largo plazo México-Cuba-Caribe.

ANEXO 8. Agro fotovoltaica . Pag,483

El riego. Riego Solar o Bombeo Solar. Caudal de agua que se puede usar un sistema solar, Espacio para colocar un sistema de bombeo solar. Riego directo. Riego nocturno. Mejor uso del sistema solar en sistema de riego. Embalses de agua. Sistema solar de riego con pivotes o cobertura. Ahorradores fotovoltaicos de combustibles. Agro fotovoltaica.

ANEXO 9. Almacenamiento eléctrico . Pág. 490

Baterías móviles para el transporte eléctrico. Almacenamiento eléctrico estacionario para el sistema eléctrico. Hidro acumuladoras. Total mundial de suministro de almacenamiento eléctrico por tecnologías. Almacenamiento por distintas tecnologías. Almacenamiento por baterías electroquímicas. Pronóstico de crecimiento del almacenamiento en GW via baterías. Diversidad de servicios de almacenamiento eléctrico.

ANEXO 10. Innovaciones fotovoltaicas actuales en curso . Pag,504

Mayor corte con hilos adiamantados de obleas de Si-poli. Aumento del número de barras colectoras. Aumento de la eficiencia de las celdas fotovoltaicas. Módulos de media celda. Silicio negro. Módulos vidrio-vidrio (glass-glass). Módulos bifaciales. Protocolo de CD de 1500 volts. Instalaciones fotovoltaicas flotantes. Electrónica de potencia. Instalaciones este-oeste. Almacenamiento fotovoltaico. Otros aspectos. Encadenamientos en innovaciones tecnológicas. Suma de las innovaciones.

Glosario .Pág. 513

Acepciones en inglés .Pag.531