Facultad de Ingeniería Eléctrica
Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cujae

CIPEL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ A.ECHEVERRÍA

X Seminario Nacional de Energía en apoyo a la toma de decisiones

Sistema de Información para la gestión energética y la toma de decisiones. Una opción viable de ordenación y planificación de las fuentes de energía desde una perspectiva territorial

Alternativa hacia la independencia energética, sostenibilidad económica y la sustentabilidad medioambiental

La Habana, 26 – 28 de Junio de 2012

mariar@electrica.cujae.edu.cu

Premisas de partida

Abordar la ordenación energética en tres niveles geográficos: país, provincia y municipio.

Postulados para la planificación energética

- Ningún territorio puede sostener su desarrollo energético, por encima de las disponibilidades de recursos que posea territorialmente.

- El desarrollo energético tiene que responder a intereses económicos, sociales y medioambientales.

Objetivos

Promover un tipo de ordenamiento que favorezca el cambio del modelo energético existente, donde los combustibles fósiles tienen la hegemonía.

Herramienta que facilite la gestión energética a partir del conocimiento del espacio territorial disponible, de la infraestructura eléctrica existente y de las potencialidades renovables que pueden explotarse, además del conocimiento de los índices de eficiencia de la red eléctrica para la inversión en la energía (solar, eólica, hídrica y biomasa).

Uso del ordenamiento territorial, los SIG y las TIC?

La ordenación y la planificación

La **ordenación del territorio** es la expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de la sociedad.

Es una técnica administrativa y una política concebida como actuación interdisciplinaria y global, cuyo objetivo es el desarrollo equilibrado de las regiones y la **organización física del espacio**.

Ordenar un territorio significa identificar, distribuir, organizar y regular los asentamientos humanos de acuerdo a ciertos criterios y prioridades

Tecnologías de la Informática y las Comunicación (TIC)

Conjunto de servicios, redes, software y dispositivos que tienen como fin la mejora de la calidad de vida de las personas dentro de un entorno, y que se integran a un sistema de información interconectado y complementario

OT SIG TIC

Sirven de herramientas para dar solución a los problemas energéticos-ambientales, facilitando la introducción de las energías renovables en forma sostenible en sitios donde exista potencial disponible.

Nuevos esquemas de ordenación territorial

La planificación del desarrollo de las energías renovables en particular, debe ser entendida como una herramienta básica en el proceso descentralizador e integrador, allí donde por la abundancia del recurso o por las características intrínsecas del territorio, su aprovechamiento resulte óptimo.

IMPLICA

Introducir criterios con una nueva visión del desarrollo energético, atemperado con las exigencias del ordenamiento territorial, incorporando los componentes científico y participativo en el proceso de toma de la decisión para las inversiones de las energías renovables. Estas medidas lograrán a mediano y largo plazo, la diversificación del sector energético.

DESCENTRALIZACIÓN ENERGÉTICA

La incorporación de las variables ambientales y de integración en el proceso de toma de decisiones por las autoridades nacionales, impone como requisito avanzar hacia la descentralización de los procesos de estudio y experimentación, encaminado al desarrollo pleno de los territorios, estableciendo y consolidando la competencia administrativa para propuestas territoriales (provinciales - municipales y consejos Populares).

El objetivo básico de las políticas de descentralización es lograr que las regiones puedan hacerse cargo del destino de los recursos, bajo criterios de autosuficiencia energética, poniendo en juego los intereses locales; pero sin contradecir los macro-objetivos de un desarrollo nacional sustentable e integrado.

Introducir nuevos esquemas de ordenación territorial, para lo cual los criterios de inversión en energías renovables, resultan fundamentales a mediano y largo plazo.

La introducción de las energías renovables al desarrollo energético del país impone el diseño de un modelo de planificación integrada de recursos energéticos, capaz de conjugar en sí el desarrollo económico y la sostenibilidad.

Nueva fórmula de planificación energética que satisfaga políticas e intereses económicos.

Sector Estatal

Integrando la energía, economía y medio ambiente, combinando producción y ahorro de energía.

Determinación del nivel de demanda que por sus exigencias puede satisfacerse con las energías renovables y cual debe continuarse satisfaciendo con los sistemas tradicionales.

Sector Residencial

Proximidad de la generación con los consumidores, favorece la producción de una nueva conciencia de consumo, ajustada a las posibilidades reales que ofrecen los sistemas renovables de energía. Desarrollar una visión cercana de la energía a los ciudadanos acrecentando en éstos el ahorro y la eficiencia energética con un ajuste del patrón de consumo.

Ordenamiento territorial del potencial solar y los riesgos de desastres para la implantación de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, en la provincia de La Habana.

Región Norte-Occidental del país, entre los 22⁰ 58´ y 23⁰10´ de latitud norte y los 82⁰30´ y 82⁰06´ de longitud oeste.

Población: 2 156 650 habitantes

Área: 727 km².

Desarrollo económico: 1 316 Empresas,
660 Unidades Presupuestadas,
94 Cooperativas de Créditos y Servicios y
32 Unidades Básicas de Producción Cooperativa

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría

Evaluación de las exigencias del ordenamiento territorial en la provincia de La Habana

CIPEL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ A.ECHEVERRÍA

Accidentes orográficos secundarios de la Provincia Habana

Áreas de Bosques, café, frutales, cítricos y malezas de la Provincia Habana

Área de inundación y zonas bajas de la Provincia Habana

Litoral, rasgos costeros y muelles marítimos de la Provincia Habana

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cujae

Evaluación de las exigencias del ordenamiento territorial en la provincia de La Habana

CIPEL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ A.ECHEVERRÍA

Otros objetivos de la Provincia Habana

Presas, canales y conductoras de agua de la Provincia Habana

Perfil orográfico de la Provincia Habana

Red de viales urbanos de la Provincia Habana

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cujae

Evaluación de las exigencias del ordenamiento territorial en la provincia de La Habana

CIPEL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ A.ECHEVERRÍA

Red de viales de la Provincia Habana

Existen 5 667,1 m^2 de calles urbanas.

Rios y arroyos de la Provincia Habana

Edificaciones y construcciones estatales de la Provincia Habana

Manzanas de la Provincia Habana

Zonas viables para el aprovechamiento del recurso solar Provincia Habana

Total de áreas disponibles.

251,68 km².

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cujae

Evaluación del potencial solar que incide en la provincia de La Habana

CIPEL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ A.ECHEVERRÍA

Radiación solar en el plano inclinado. Provincia Habana

Promedio 5,4 kWh/m².

Mes de mayor potencial solar ABRIL

Cálculo general de área necesaria y financiamiento requerido, para la implantación de una Central Fotovoltaica de 1 MWp conectada a la red.

Potencia Fotovoltaica a instalar MWp	Cantidad de módulos (180 W)	Área a ocupar m^2	Módulo M^2	kWp M^2	Cálculo energía año/kWp kWh	Cálculo energía total generada/año kWh	Ahorro petróleo t/año	Se deja de emitir CO_2 t/año	Costo inicial de la inversión aproximado CUC	Costo Wp CUC
1	5 556	10.945	1,97	13.0	1.450	1.450.000	327,28	1.054,5	3.552.887,44	3,55

Características técnicas:

Eficiencia del inversor de conexión a red: 95%.
Pérdidas: 10%.

Comportamiento del potencial solar en las áreas disponibles

251,682 km² de áreas disponibles.

Incluye los techos de edificaciones de la ciudad.

Cálculo de las áreas disponibles, potencia máxima disponible y energía que pudiera generarse con una Central FV de 1 MW

No	Municipios	Área disponible m2	Potencial solar plano inclinado kWh/m2 promedio	Potencia máxima disponible kW/m2 promedio	Cálculo de energía Generada en un año con una Central FV de 1 MW MW/h
I	La Lisa	9688	5,648	1,1296	2044,576
II	Playa	20809	5,544	1,1088	2006,928
III	Boyeros	39606	5,528	1,1056	2001,136
IV	Cotorro	21651	5,440	1,0880	1969,280
V	Arroyo Naranjo	28628	5,431	1,0862	1966,022
VI	Marianao	7249	5,357	1,0714	1939,234
VII	Habana del Este	51540	5,296	1,0592	1917,152
VIII	Guanabacoa	33577	5,296	1,0592	1917,152
IX	San Miguel del Padrón	8394	5,296	1,0592	1917,152
X	Plaza de la Revolución	8212	5,296	1,0592	1917,152
XI	Plaza de la Revolución	7702	5,296	1,0592	1917,152
XII	Cerro	5309	5,296	1,0592	1917,152
XIII	Regla	4064	5,296	1,0592	1917,152
XIV	Centro Habana	2817	5,296	1,0592	1917,152
XV	Habana Vieja	2436	5,296	1,0592	1917,152

Prioridad por municipios para el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, atendiendo al comportamiento del potencial solar.

A pesar que las ofertas de sistemas fotovoltaicos han venido disminuyendo en sus costos durante los últimos años, todavía hay que considerar las inversiones en estos sistemas como costosas, a ello debemos agregar que solo generan energía durante el día y que son dependientes de la calidad de la radiación solar, que en nuestro país particularmente es una radiación difusa, en la cual influye significativamente la componente climática.

Estos elementos requieren ser analizados con detenimiento, pues suponen que la instalación de un sistema fotovoltaico grande (1 o más MW), que implica una inversión relevante de recursos, deba ser instalado en el sitio donde el potencial solar incidente, garantice la mayor eficiencia de generación y una recuperación económica mas breve.

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cujae

La eficiencia considerando el potencial solar más adecuado.

CIPEL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ A.ECHEVERRÍA

Municipio La Lisa
Potencial= 5,62 kWh/m²
Potencia posible= 1,124 kW/m²
1 MWp = 5,6 MWh/día

Municipio Marianao
Potencial= 5,29 kWh/m²
Potencia posible= 1,058 kW/m²
1 MWp = 5,3 MWh/día

Evaluación de la eficiencia considerando el potencial solar incidente

En un año normal generando, la central Fotovoltaica ubicada en las áreas de mejor potencial solar (municipio de la Lisa) produciría 108,6 MWh más que la ubicada en las áreas de menor potencial. Representando una reducción en el consumo de 9,34 toneladas de petróleo, dejando de emitir a la atmósfera 53,65 toneladas de CO_2, implicando un ahorro aproximado de 7.000 USD, sólo por conceptos de combustibles y lubricantes.

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cujae

La eficiencia considerando la infraestructura eléctrica de las instalaciones de la generación distribuida.

CIPEL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ A.ECHEVERRÍA

Uno de los elementos que encarecen las inversiones de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, lo constituyen la infraestructura de conexión y de distribución. En este caso se ofrece un análisis de las posibilidades de instalación de estos sistemas, en zonas próximas a las centrales eléctricas de la generación distribuida, lo que posibilitaría abaratar los costos, con la utilización de las estructuras ya construidas en estas centrales.

Grupos Aislados de la Generación Distribuida. Provincia Habana

Baterías Diesel de la Generación Distribuida. Provincia Habana

Grupos Fuel de la Generación Distribuida. Provincia Habana

Áreas disponibles próximas (hasta 2 km) a los Grupos Fuel Oil de la Generación Distribuida

Gráfico de prioridad para el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, próximos a los Grupos Fuel Oil de la GD

Áreas disponibles, potencia máxima disponible y la energía que pudiera generarse con una Central FV de 1 MW, en las áreas próximas a los Grupos Fuel Oil de la GD.

No	Áreas cercanas a las CE de la GD. distancia 2 km	Área disponible m²	Potencial solar plano inclinado kWh/m² promedio	Potencia máxima disponible kW/m² promedio	Cálculo de energía Generada en un año con una Central FV de 1 MW MW/h
I	Grupo Fuel San Agustín 110	1256	5,659	1,1318	2048,558
II	Grupo Fuel Apolo 110	5917	5,548	1,1096	2008,376
III	Grupo Fuel La Guinera	2255	5,538	1,1076	2004,756
IV	Grupo Fuel Metropolitana 110	6868	5,296	1,0592	1917,152
V	Grupo Fuel Antillana 220	4956	5,296	1,0592	1917,152
VI	Grupo Fuel Regla 110	4764	5,296	1,0592	1917,152
VII	Grupo Fuel Naranjito 110	4558	5,296	1,0592	1917,152
VIII	Grupo Fuel Habana 220	2545	5,296	1,0592	1917,152

Áreas disponibles próximas (hasta 2 km) a los Grupos Aislados de la Generación Distribuida

Gráfico de prioridad para el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, próximos a los Grupos Aislados de la GD

Áreas disponibles, potencia máxima disponible y la energía que pudiera generarse con una Central FV de 1 MW , próximas a los Grupos Aislados de la GD.

No	Áreas cercanas a las CE de la GD. distancia 2 km	Área disponible m²	Potencial solar plano inclinado kWh/m² promedio	Potencia máxima disponible kW/m² promedio	Cálculo de energía Generada en un año con una Central FV de 1 MW MW/h
I	Grupo Aislado las Guásimas	5798	5,548	1,1096	2008,376
II	Grupo Aislado Managua	4574	5,548	1,1096	2008,376
III	Grupo Aislado el Globo	2355	5,539	1,1078	2005,118
IV	Grupo Aislado Parque Lenin	2477	5,374	1,0748	1945,388
V	Grupo Aislado Guiteras	4083	5,297	1,0594	1917,514
VI	Grupo Aislado la Guinera	4548	5,296	1,0592	1917,152
VII	Grupo Aislado Tarará	3854	5,296	1,0592	1917,152
VIII	Grupo Aislado Naval	3193	5,296	1,0592	1917,152

Áreas disponibles próximas (hasta 2 km) a los Grupos Diesel de la Generación Distribuida

Gráfico de prioridad para el desarrollo de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, próximos a los Grupos de Baterías Diesel de la GD

Cálculo de las áreas disponibles, comportamiento del potencial solar, potencia máxima disponible y la energía que pudiera generarse con una Central FV de 1 MW, en las áreas próximas a los Grupos de Baterías Diesel de la GD.

No	Áreas cercanas a las CE de la GD. distancia 2 km	Área disponible m²	Potencial solar plano inclinado kWh/m² promedio	Potencia máxima disponible kW/m ² promedio	Cálculo de energía Generada en un año con una Central FV de 1 MW MW/h
I	Grupo Batería Diesel Río Verde	4200	5,545	1,109	2007,290
II	Grupo Batería Diesel Berroa	5462	5,296	1,0592	1917,152
III	Grupo Batería Diesel Guanabo	3818	5,296	1,0592	1917,152

Influencia de la componente climática en el comportamiento del potencial solar en la provincia La Habana.

Temperatura media máxima *29,3°C*

Temperatura media mínima 22,1°C.

Invierno fresco y un verano cálido.

Humedad relativa media de 76 %.

Precipitaciones promedio de 1300 mm anuales.

Meses de mayor precipitación, entre Junio a Octubre,

Nubosidad media anual de 4,0 octavos.

Vientos predominantes del Norte.

Velocidad del viento media anual de 13,4 km/h.

La disminución de los valores de radiación solar que presentan algunas localidades, están asociados a las condiciones climáticas locales y no a la geometría solar, es por ello que en provincia La Habana, se reportan potenciales más elevados en algunas zonas que en otras.

Influencia de la componente climática en el comportamiento del potencial solar en la provincia La Habana.

La extensión del periodo lluvioso entre los meses de mayo a septiembre, trae consigo una disminución en cuanto a los valores de radiación solar recibido en la superficie, donde la nubosidad juega un papel atenuador. En el invierno con el arribo de los frentes fríos, acompañados de áreas nubosas y la propia geometría solar de esta época del año, causan un efecto aún mas difusor de la radiación solar.

La medida recomendada para reducir esta influencia, está relacionada con la desconcentración territorial de la capacidad instalada , evitando que en un mismo momento se afecte la capacidad de generación total de la central.

Formación del patrón nuboso en un día típico en la provincia La Habana

Variante de distribución para la instalación de 1 MWp en sistemas fotovoltaicos conectados a la red en la provincia La Habana

Análisis económico.

Una Central de 1 MWp instalada en las zonas de mejor potencial y donde se cumplan las recomendaciones derivadas del estudio, puede generar las siguientes ventajas económicas.

En 10 años Generando bajo condiciones normales y parámetros técnicos estables:

Generación de 14,5 GWh.

Ingresos por 1.740.000,00 pesos por concepto de cobro de la tarifa eléctrica (calculada a una tarifa fija de 0.12 centavos el kWh).

Ahorro de 809.178,3 USD por concepto de petróleo y lubricantes dejados de consumir (calculado a un precio fijo del petróleo de 90 USD el barril).

Ahorro de 700.000,00 USD, por concepto de mantenimientos, reparaciones, reposición de piezas de repuesto, accesorios y componentes.

Ahorros equivalentes a 379.000,00 USD, por conceptos de reducción de impactos medioambientales.

Análisis económico.

Puede generar 363.790,49 pesos anuales, entre ingresos directos e indirectos.

Los valores de la inversión pueden recuperarse en 10 años.

Considerando los gastos asociados a la inversión y el ciclo de vida, el periodo de amortización teórico de una central Fotovoltaica es menos de la mitad, del periodo de recuperación de una Central Termoenergética.

Conclusiones

- **La evaluación de las peculiaridades del ordenamiento territorial de las diversas zonas del país, el carácter diferenciado del comportamiento del potencial renovable, la influencia de la variable climática local y los riesgos de desastres a que están sometidas las localidades, requiere la aplicación de la metodología que permita un cuidadoso estudio de factibilidad territorial, energética y económica, que asegure la penetración ordenada de los sistemas renovables, en el proceso de diversificación sostenible de la matriz energética cubana.**

- **El modelo utilizado tradicionalmente para realizar la planeación energética, a partir de la utilización de los sistemas convencionales de energía, resulta de poca utilidad para el logro de los objetivos energéticos propuestos con los sistemas de energía renovable.**

Recomendaciones.

Promover la publicación de estudios similares al presentado, facilitando la transparencia de la información de resultados de investigaciones científicas relacionadas con los recursos renovables, de forma que se encuentren disponibles a la consulta y análisis por parte de los decisores, científicos y personal técnico, desde el nivel central hasta los territorios, mediante una adecuada política de compartimentación de la información y el uso más adecuado de las tecnologías de la Informática y las comunicaciones.

SIGFRE

GeoServer: Bien...
Source of open...
Rule - API Docu...
http://l...od.html
OpenScales doc...
Adobe Flex: Exp...
Trabajo Freelance
Pagina Web de ...
http://l...dex.html
http://localhost/sigfre/index.html
Google
sig
FRE
Menú
Capas
Proyectos del Usuario
Solar
MapaBase
ZOOM
-76.64421, 23.17541
100 km

Mozilla Firefox 4.0 Beta 8
Archivo Editar Ver Historial Marcadores Herramientas Ayuda
http://localhost/sigfre//mod.html
-75.13359, 20.13769
Capas
Proyectos del Usuario
Nulec (WFS)
Solar
MapaBase
Nuevo proyecto de Investigación
Elementos geográficos
Capturar coordenadas
Longitud: -75.13359
Latitud: 20.13769
Radio: 3
Elementos generales
Nombre del Proyecto: Prueba
Descripción del Proyecto: Proyecto de prueba
Autor del Proyecto: Roland2
Aceptar
Cerrar

Mozilla Firefox 4.0 Beta 8
http://localhost/sigfre//mod.html
-75.13359, 20.13769
Capas
Proyectos del Usuario
Nulec (WFS)
Solar
MapaBase
prjName : Prueba
prjLat : 20.13769
prjRadio : 3
prjAuth : Roland2
prjLon : -75.13359
prjDescript : Proyecto de prueba

Mozilla Firefox 4.0 Beta 8
http://localhost/sigfre//mod.html
-75.13359, 20.13769
Capas
Proyectos del Usuario
Nulec (WFS)
Solar
MapaBase

sig FRE
Menú
Capas
Proyectos del Usuario
Solar
MapaBase
-79.95419, 22.14476
Datos del Proyecto - [2]
Datos generales
Radiación solar promedio
Criterio de disponibilidad
Promedio de radiación Anual: 4.716
4.188
4.826
4.902
5.421
5.123
5.124
5.184
5.031
4.896
4.334
4.14
3.468
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre

http://localhost/sigfre/index.html
sig FRE
Menú
Capas
Proyectos del Usuario
Solar
MapaBase
Proyecto : Escuela Rural
Autor : Roland Heredia
Descripción : Electrificación de escuela rural
Longitud : -74.61174
Latitud : 20.05529
-74.62067, 20.07040
10 km