



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERIA**

**Opciones para satisfacer el abasto de energía  
eléctrica de la comunidad Javier Rojo Gómez  
(Punta Allen)**

**TRABAJO MONOGRÁFICO**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

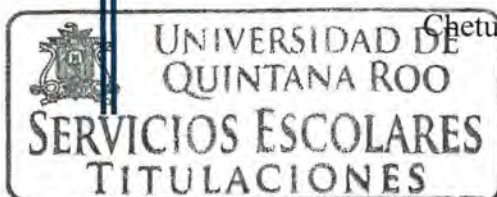
*INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA*

**PRESENTA**

**PEDRO ALBERTO GONZÁLEZ QUINTERO**

**Supervisores**

Dr. José Hernández Rodríguez  
Dr. Gliserio Romeli Barbosa Pool  
M.E.S. Roberto Acosta Olea



Chetumal, Quintana Roo, Octubre 2012

φ65047

**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
División de Ciencias e Ingeniería



Trabajo monográfico elaborado bajo la supervisión del Comité de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:

**INGENIERO EN SISTEMAS DE ENERGÍA**

**COMITÉ**

Supervisor: Dr. José Hernández Rodríguez

Supervisor: Dr. Gliserio Romeli Barbosa Pool

Supervisor: M.E.S. Roberto Acosta Olea



Octubre 2012

## **Agradecimientos**

*A Dios, gracias por darme fe, salud y mantenerme siempre bajo tu cuidado.*

*A mis Padres, Carlos Orlando y María del Rosario, muchas gracias por apoyarme siempre y brindarme la mejor de las herencias: Mi formación profesional, estoy orgulloso de ustedes.*

*A mi Familia, Geraldin Urbina y mis pequeños Dherick Alexander y Yarod Zayed, quienes han sido mi fortaleza y motivación para lograr esta importante meta.*

*A mis hermanos, Carlos Orlando y Laura del Rosario, les agradezco los consejos y el apoyo incondicional que me han brindado, a mi sobrino Aldrich Gabriel le agradezco todos los comentarios y frases que me motivaron a terminar mi preparación.*

*A mi padrino, Don Víctor Alcérreca, le agradezco el apoyo, primero al motivarme a concluir mis estudios y después brindarme una ayuda incondicional que ha derivado en la culminación de esta Ingeniería.*

*A la Universidad de Quintana Roo, por permitirme estudiar, brindarme las facilidades y ser parte de esta magnífica casa de estudios.*

*A todos mis maestros y compañeros de estudios por el apoyo que en algún momento necesite y ahí estuvieron para brindármelo,*

*A mis supervisores de este trabajo, Dr. José Hernández, Dr. Romeli Barbosa y al Mtro. Roberto Acosta por su tiempo, sus consejos, comentarios y sugerencias.*

*A Todos, Muchas Gracias.*

## Resumen

Se realizó un análisis de la situación energética de la comunidad "Javier Rojo Gómez", mejor conocida como Punta Allen, del municipio de Tulum, así como el análisis de las principales opciones que podrían implementarse como sistemas alternativos. El trabajo fue fundamentado mediante un primer estudio en campo, enriquecido con una concisa búsqueda documental, para concluir en el análisis ingenieril de cuatro opciones de abastecimiento eléctrico.

Este trabajo está enmarcado dentro de mis actividades profesionales en la Comisión de Energía del Estado de Quintana Roo (CENER), institución a la cual ingresé en 2008. Específicamente formé parte del equipo de trabajo que realizó este proyecto en el año de 2009. Dicho equipo estuvo conformado por el Director General, el Director de Suficiencia Energética y el Jefe de Departamento de Eficiencia Energética, todos de la CENER. Este último cargo es el que actualmente ocupo. Cabe mencionar que la CENER es un organismo técnico de consulta de la administración pública estatal y que en sus funciones debe elaborar programas y proyectos de ahorro y uso eficiente de la energía así como el fomento de las energías renovables. El trabajo de campo fue desarrollado en colaboración con el Ayuntamiento de Tulum, en la documentación de los antecedentes se colaboró estrechamente con la Universidad de Quintana Roo (UQROO) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Actualmente la comunidad cuenta con dos generadores a base de diesel (400 y 250 kW). Operando veinticuatro horas del día, la estimación del consumo mensual de combustibles es de 42,840 litros de diesel. En esta situación, éste consumo de combustible no solo impacta nocivamente el ambiente, también, debido a la lejanía de la localidad respecto a la bomba de combustible más cercana, representa una inversión económica mucho mayor cuando se compara con otras localidades, he incluso limita su factibilidad técnica. La construcción de una red subterránea con una longitud de cincuenta y tres kilómetros, no solo es la opción con menor rentabilidad económica, representa una inversión de \$ 143.5 millones de pesos, también es una opción de alto impacto ambiental, ya que atravesaría una reserva natural. Respecto a un sistema eólico independiente, la inversión sería de \$ 16.2 millones de pesos. Esta es una solución a largo plazo, con valor agregado, ya que actualmente es una de las tecnologías más limpias. Sin embargo, hay que hacer una caracterización más exhaustiva de la velocidad del viento para obtener el diseño más adecuado y recalculer sus costos. Un sistema híbrido diesel-eólico, con aportación del 67% - 33% respectivamente, representa una buena alternativa, con una inversión de \$ 5.4 millones de pesos (contemplando que se continuaría usando el generador de 400 kW actual). Independientemente, de las opciones que se estudiaron y que continuación se detallarán, es indispensable y urgente una concientización a la comunidad, que permita no solo hacer más eficiente el consumo eléctrico sino también permitir la adopción de proyectos alternativos, amigables con el ambiente.

## Contenido

Objetivo .....	3
Alcance del proyecto.....	3
Introducción.....	3
Capítulo I. Situación energética de la comunidad .....	6
1.1 Información técnica del sistema de generación en el poblado .....	7
1.2 Consumo y costo de combustible (diesel).....	11
1.3 Consumo de electricidad en el poblado .....	12
1.4 Recursos renovables en el sitio .....	13
1.5 Uso de la electricidad por los consumidores.....	14
Capítulo II. Opciones de implementación.....	16
2.1. Propuesta 1. Opción actual con dos generadores diesel uno 400 kW y el otro de 250 kW.....	17
2.2. Propuesta 2. Transporte de energía eléctrica convencional a través de una línea subterránea.....	20
2.3. Propuesta 3. Generar energía eléctrica con energía renovable a partir del viento.....	21
2.4. Propuesta 4. Generar energía eléctrica con un sistema híbrido diesel-eólico al 67%-33%, respectivamente. ....	22
2.5. Comparación de los sistemas .....	23
Comentarios y conclusiones generales .....	24
ANEXOS.....	26
Anexo I. Parámetros del equipo eléctrico en negocios de Punta Allen. ....	27
Anexo II. Censo de carga por usuarios kW.....	28
Anexo III. Formato para inventario de cargas eléctricas.....	29
Anexo IV. Formato de Información General.....	30
Anexo V. Repartición de la carga eléctrica total de los transformadores.....	31
Anexo VI. Dispositivos de la red eléctrica de distribución.....	32
Anexo VII. Velocidad del viento en la costa centro sur de Quintana Roo y capacidad de aerogeneradores en función de la velocidad media del viento. ....	33
Bibliografía.....	34

## Lista de figuras

Figura 1. Localización geográfica de Punta Allen, Quintana Roo, camino de acceso e imágenes de la comunidad.....	5
Figura 2. Central eléctrica de la comunidad. ....	7
Figura 3. Imágenes del motogenerador de 250 kW y dato de placa técnica.....	7
Figura 4. Imágenes del motogenerador de 400 kW y su dato de placa técnica.....	8
Figura 5. Imágenes de los transformadores elevadores de 300 y 500 KVA y sus protecciones.....	9
Figura 6. Red eléctrica de media y baja tensión de la comunidad Punta Allen, Quintana Roo.....	10
Figura 7. Diagrama unifilar del sistema eléctrico.....	10
Figura 8. Tambores de almacenamiento del combustible.....	11
Figura 9. Insolación global media en México.....	13
Figura 10. Medidas emergentes de apoyo. ....	15
Figura 11. Número de usuarios y capacidad instalada.....	19
Figura 12. Costos de las opciones analizadas.....	23

## Lista de tablas

Tabla 1. Datos de la Insolación de Chetumal y Cozumel.....	13
Tabla 2. Montos de tarifas mensuales.....	14
Tabla 3. Análisis de un sistema de generación con motogeneradores diesel.....	17
Tabla 4. Análisis de ingresos mensuales para operación de los motogeneradores.....	18
Tabla 5. Análisis de ingresos por facturación por parte de CFE.....	19
Tabla 6. Análisis de sistema de suministro a cargo de la CFE.....	20
Tabla 7. Análisis de sistema de suministro a partir de aerogeneradores.....	21
Tabla 8. Análisis de un sistema híbrido (motogenerador-aerogenerador).....	22
Tabla 9. Análisis de opciones de generación.....	23

## **Objetivo**

Analizar la situación energética de la población de Javier Rojo Gómez (Punta Allen), así como el planteamiento y análisis de cuatro opciones de abastecimiento energético para la comunidad, con el fin de dotarla de un servicio confiable y suficiente de suministro de energía eléctrica las veinticuatro horas del día.

## **Alcance del proyecto**

Analizar posibles opciones que permitan generar recomendaciones para resolver la problemática de suficiencia energética en la población de Javier Rojo Gómez (Punta Allen), identificando sus implicaciones financieras, técnicas y económicas.

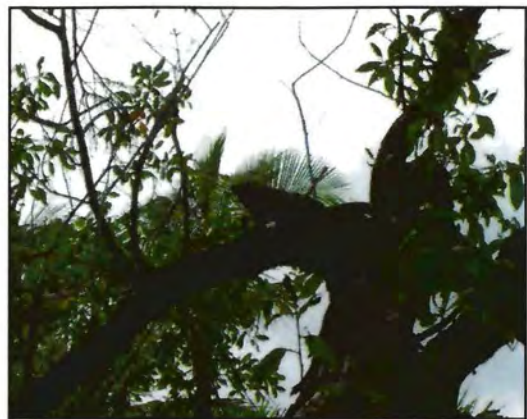
## **Introducción**

En México hay estados que tienen bellezas naturales que han permitido el desarrollo de actividades turísticas como es el caso del estado de Quintana Roo. El poblado de Javier Rojo Gómez (Punta Allen), está ubicado geográficamente en el municipio de Tulum (figura 1), tiene una población aproximada de seiscientos habitantes, su principal fuente de ingresos depende de la captura de langosta a través de la cooperativa y el turismo. En materia de infraestructura cuenta con un camino principal de acceso de terracería. Se tienen los servicios de un centro de salud del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y una unidad de servicios de salud del estado. En educación cuenta con jardín de niños, primaria y telesecundaria. Tanque elevado para el servicio de agua de la población y caseta de seguridad pública. En materia de energía eléctrica actualmente el poblado se alimenta con dos generadores diesel, uno de 250 kW y otro de 400 kW. Cabe mencionar, que los estudios de consumo eléctrico de la localidad, realizados en el 2007, por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y la Universidad de Quintana Roo (UQROO), son parte del acervo utilizado para el análisis de este trabajo.

El trabajo se inicia en el año 2009, año en el cual el gobierno del estado, mediante la CENER, propone realizar el presente estudio con el objetivo de resolver el problema de suministro de energía eléctrica. Proyecto que se inicia y concluye ese mismo año, para ser presentado a los líderes políticos. Después de entregar este análisis, la CENER continuó con la gestión para el desarrollo del proyecto, sin embargo en ese entonces, la situación socio-económica, tanto estatal como municipal, no permitieron su realización. A la fecha, se han buscado diferentes opciones de financiamiento, entre ellas la iniciativa privada, sin embargo no se ha logrado llegar a un acuerdo que permita la ejecución del proyecto.







**Figura 1. Localización geográfica de Punta Allen, Quintana Roo, camino de acceso e imágenes de la comunidad.**

# **Capítulo I**

## **Situación energética de la comunidad**

## 1.1 Información técnica del sistema de generación en el poblado

En la población actualmente se tiene una pequeña central eléctrica (ver figura 2) con dos moto-generadores a diesel de 250 kW y 400 kW de capacidad nominal (220/240V; 1,155/577<sup>a</sup>; 0.8-1.0 FP, 60hz); y tres transformadores elevadores de  $\Delta x$  y XX. La distribución de energía se realiza a través de una red de distribución trifásica. El horario de operación de los moto-generadores es de 11:00 a 15:00 y de 17:00 a 23:00 horas, con 11 horas de operación promedio diario



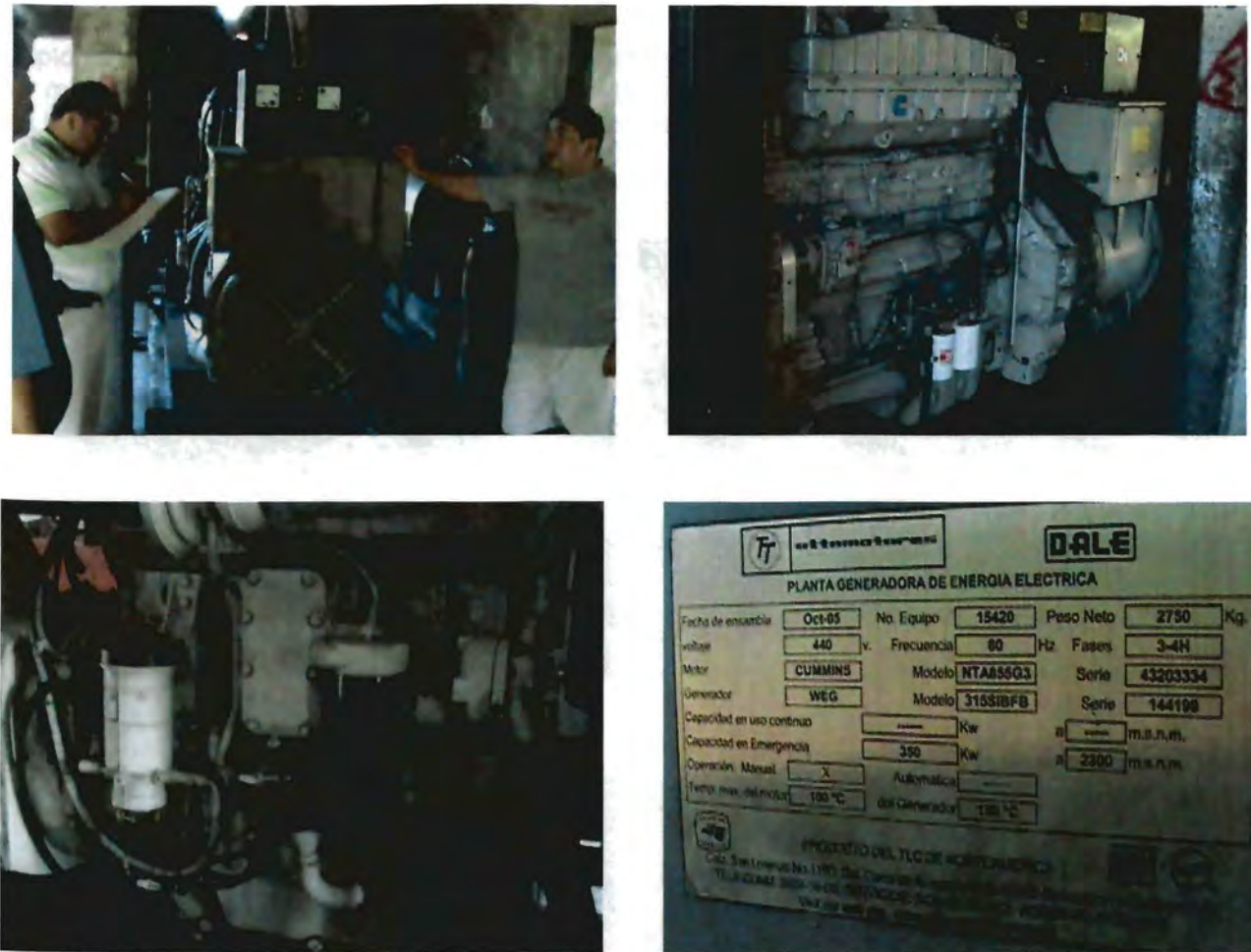
Figura 2. Central eléctrica de la comunidad.

**Moto generador 1:** Actualmente este generador de 250 kW, marca IGSA (ver figura 3), está dando servicio a toda la población y de no tomar las medidas pertinentes se podría dañar por sobrecarga.



Figura 3. Imágenes del motogenerador de 250 kW y dato de placa técnica.

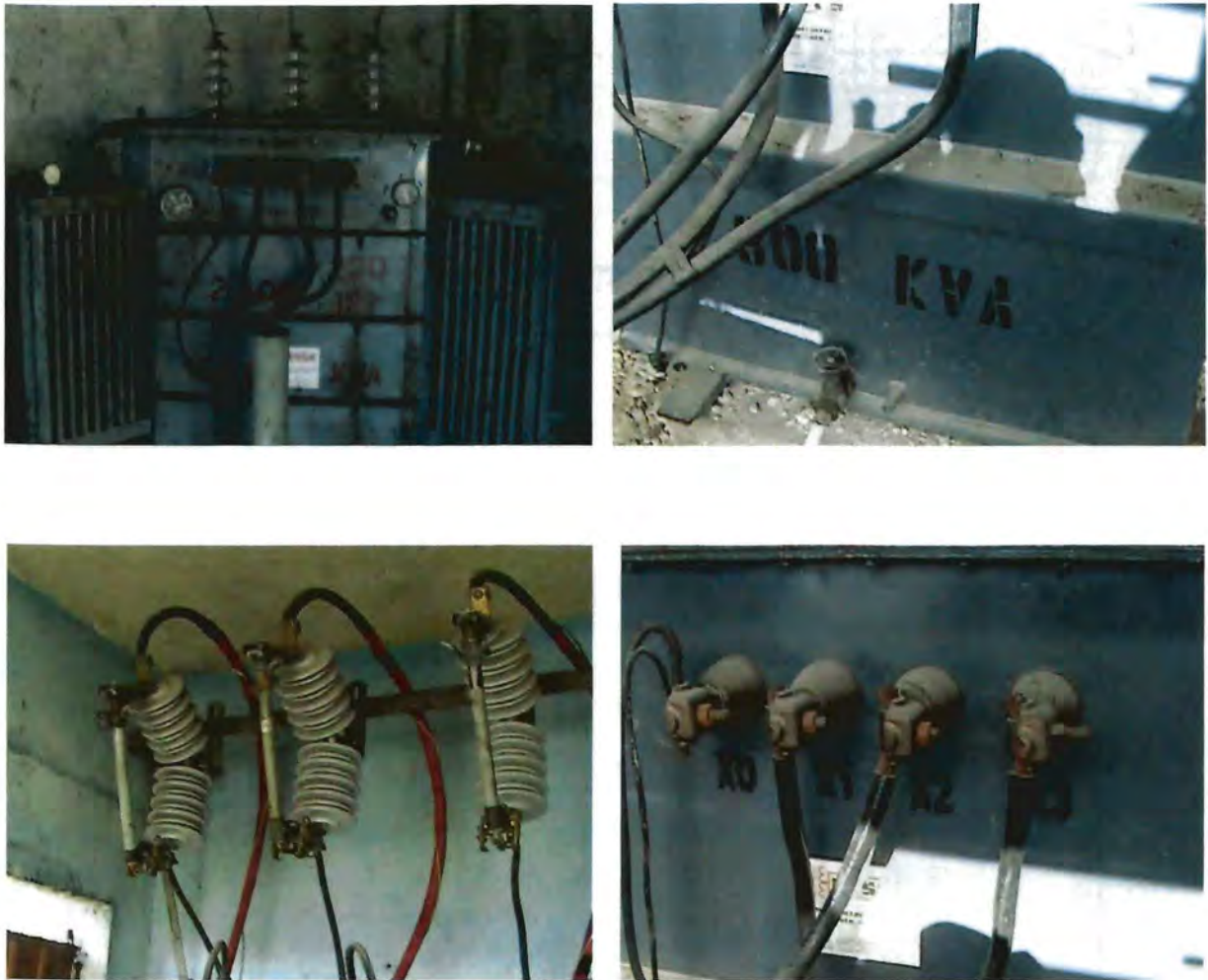
**Moto generador 2:** Actualmente este generador de 400 kW de capacidad marca DALE (ver figura 4), se encuentra fuera de servicio, tiene daños en el cabezal, el engrane rompió la carcasa.



**Figura 4.** Imagenes del motogenerador de 400 kW y su dato de placa técnica.

## Transformadores elevadores

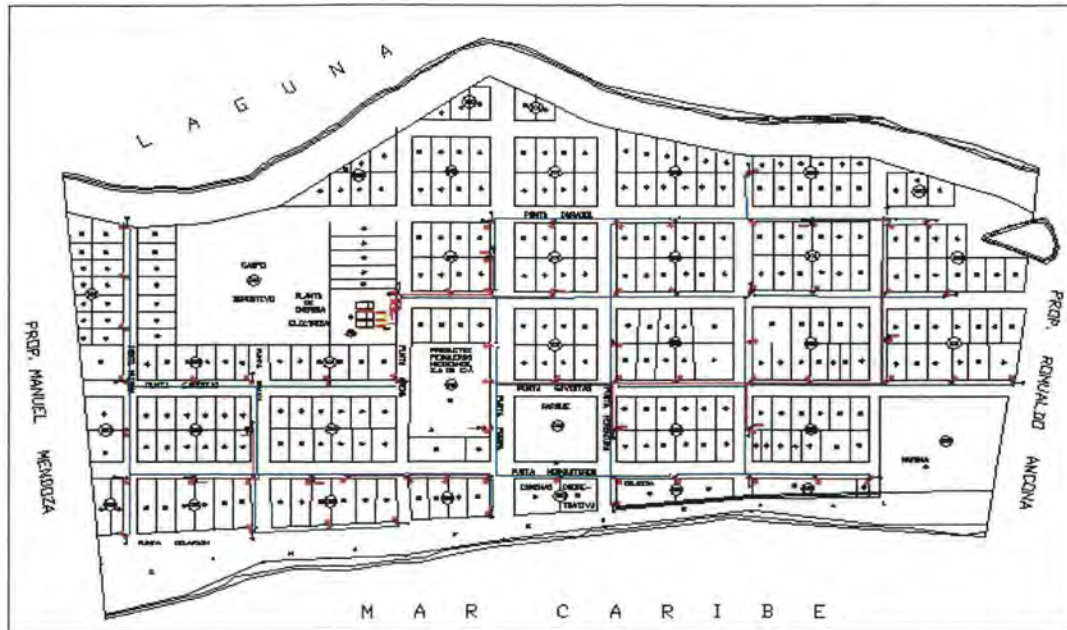
El sistema eléctrico cuenta con dos transformadores trifásicos de 60 Hz, las capacidades de los transformadores son de 300 KVA, 220/2400 V, para el motogenerador 1 y 500 KVA, 220/2400 para el motogenerador 2. Los circuitos son independientes y el transformador se conecta en función de cual motogenerador esté en operación. La salida de los transformadores se encuentra habilitada para su interconexión a la red de distribución del poblado (ver figura 5).



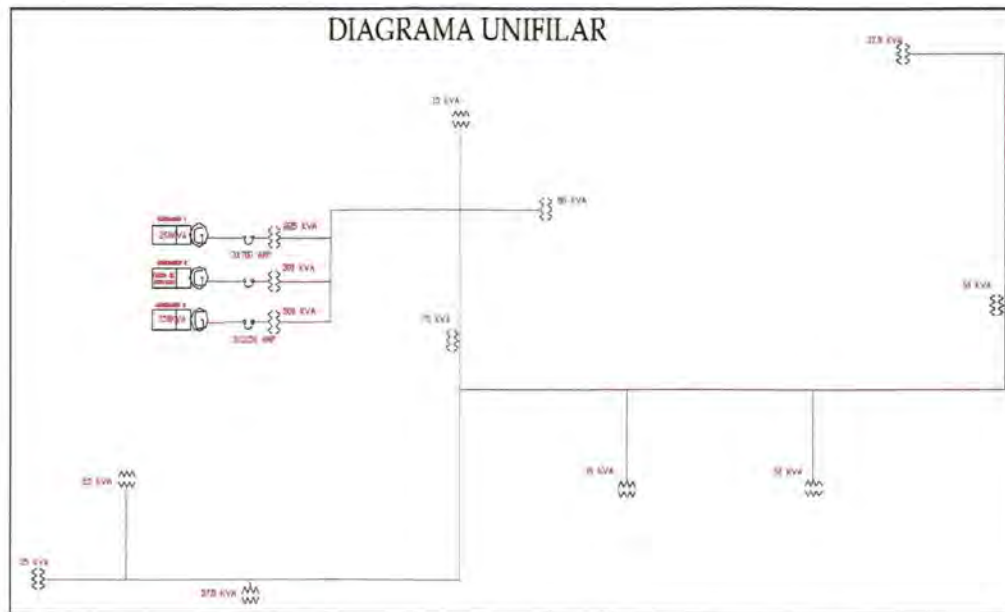
**Figura 5.** Imágenes de los transformador elevadores de 300 y 500 KVA y sus protecciones.

El transformador elevador de 300 KVA tiene dañado (roto) el aislador central de sus terminales de salida. Aún así puede operar, pero no es conveniente porque puede formar un arco eléctrico; lo recomendable es que se cambie dicha terminal.

La distribución de electricidad hacia el poblado se realiza a 2,400V y la distribución a los consumidores se realiza mediante transformadores monofásicos, 3 hilos, 220/110V en el secundario de la línea de baja tensión (ver figuras 6 y 7).



**Figura 6.** Red eléctrica de media y baja tensión de la comunidad Punta Allen, Quintana Roo. (Información proporcionada por la Universidad de Quintana Roo).



**Figura 7.** Diagrama unifilar del sistema eléctrico. (Información proporcionada por la Universidad de Quintana Roo).

## 1.2. Consumo y costo de combustible (diesel)

Actualmente solo opera el generador de 250 kW y los operadores del sistema eléctrico reportan que el consumo diario promedio de diesel es de 800 litros. El costo de combustible incluyendo transporte es de \$1,600.00 por tambor de 200 litros (ver figura 8) lo que representa un costo de diesel puesto en la localidad de 8.00 \$/litro.



**Figura 8.** Tambores de almacenamiento del combustible.

- Costo en la planta de generación por día es de: \$8/litro x 800 litros=\$6,400.00 M.N.
- Costo mensual por combustible: \$ 6,400.00 x 30 =192,000.00 M.N.
- Es de hacer notar que dado la antigüedad de este generador su eficiencia en el consumo es sumamente baja (0.28 lt/kWh)

Se estima que con los dos generadores actuales funcionando, se podría cubrir el servicio las veinticuatro horas del día, bajo un escenario de operación de dieciocho horas el de 400 kW y seis horas el de 250 kW, arrojando los siguientes costos por consumo de combustible.

Generador 400 kW

Consumo 55 l/h x 18 horas = 990 lt a \$8/litro = \$7,920/día = \$237,600/mes

Generador 250 kW

Consumo 73 l/h x 6 horas = 438 lt a \$8/litro = \$3,504 /día = \$105,120/mes

Total=1,428 lt a \$8/lt=\$11,424/día = \$342,720/mes



### 1.3. Consumo de electricidad en el poblado

El consumo de electricidad se considera básicamente doméstico y tiendas de abarrotes así como pequeños hoteles, como ya se ha mencionado la operación de los generadores es con combustible fósil (diesel). Se administra de manera tripartita, gobierno estatal, municipal y recaudación local.

#### Antecedentes históricos de la carga realizado con fecha de 25/03/2007

- Horas de servicio: 14 horas/día
- Producción de 25/03/2007: 1,879 kWh/día (Carga promedio 134 kW, temperatura promedio de operación de la máquina 83°C, Presión 4 bar)
- Producción 26/03/2007: 2,147 kWh/día (Carga promedio 153 kW, temperatura promedio de operación de la máquina 83°C, Presión 4 bar)
- Producción promedio: 2,013 kWh/día (Carga promedio 144 kW, temperatura promedio de operación de la máquina 83°C, presión 4 bar)
- Presión de aceite de trabajo: rango 2-10 bar.
- Temperatura de trabajo: rango 40-100°C
- Rendimiento promedio de combustible (diesel): 2.5 kWh/lt (0.4 lt/kWh)
- Producción promedio mes: 2,013 kWh/día x 30 = 60,390 kWh/mes.

#### Carga actual estimada día 19/02/09 (15:00 hrs):

- Horas de servicio: 11 horas/día
- Corriente detectada 800 amperes  $(800 \times 220 \times 0.83 \times 1.73) / 1000 = 258$  kW
- Producción: 2,838 kWh/día (Carga promedio de 258 kW)
- Porcentaje de incremento de carga en dos años de 41%
- Rendimiento promedio de combustible (diesel): 3.5 kWh/lt (0.28 lt/kWh).

#### Por censo de carga (2007)

- De un censo de 158 usuarios se detecto una carga instalada de 603 kW
- Carga aparente:  $603 \text{ kW} \times 0.70 = 422$  kW
- Consumo aparente:  $422 \text{ kW} \times 11 \text{ hr} = 4,642$  kWh/día (Carga promedio de 603 kW)
- Rendimiento promedio de combustible (diesel) 5.81 kWh/lt (0.18 lt/kWh)

## 1.4. Recursos renovables en el sitio

De acuerdo a información de los pobladores se cuenta con una intensidad de viento regular (por la tarde-noche) proveniente del mar. Sin embargo, para realizar una adecuada evaluación del recurso eólico y solar en la zona se recomienda medir en el sitio por un periodo de doce meses y correlacionar esta información con mediciones históricas que se realizan en la estación que fue identificada en un mapa eólico de National Renewable Energy Laboratory (NREL). Para efecto de una estimación de un sistema de generación eólico se considero una velocidad estimada promedio de 6.5 m/s [Anexo 1]. Respecto al recurso solar, la información disponible es la de los mapas de radiación anual (como se observa en la figura 9).

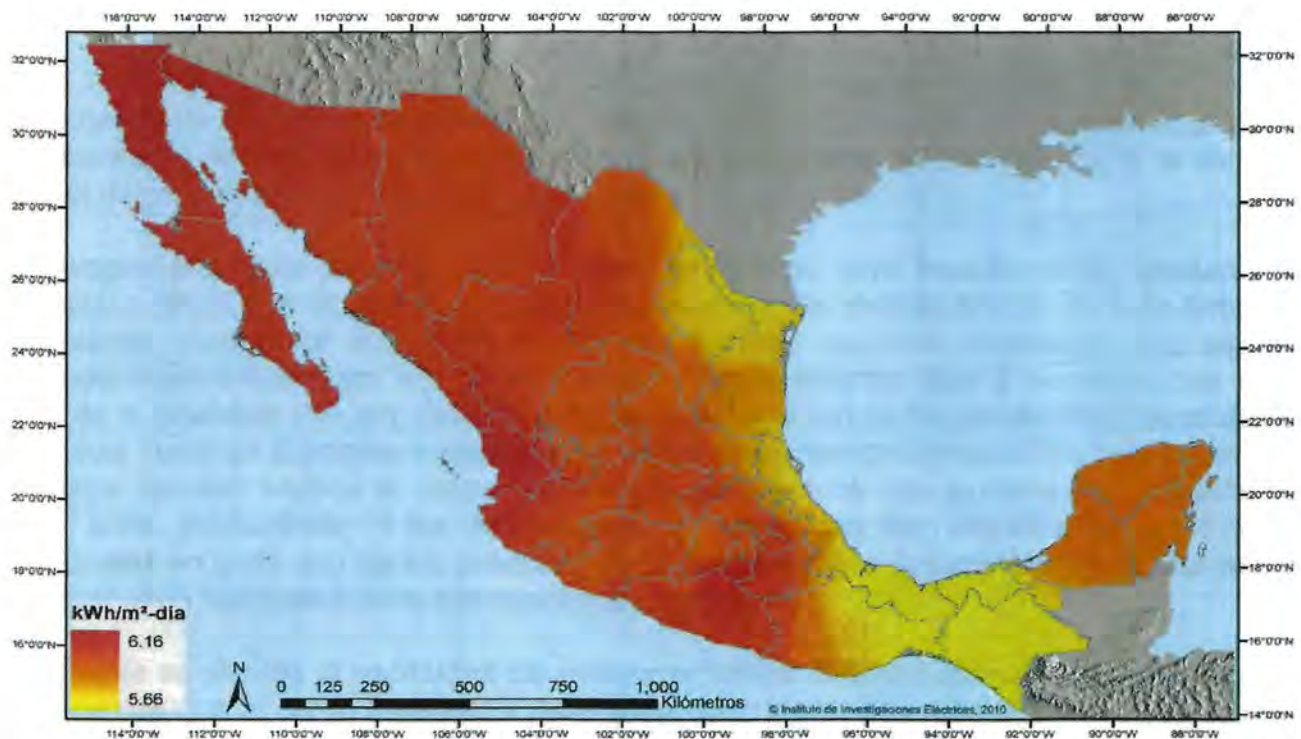


Figura 9. Insolución global media en México en kWh/m<sup>2</sup>-día

Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Chetumal	3.9	4.7	5.4	5.7	5.3	4.7	4.9	5.0	4.5	4.4	4.0	3.7	3.7	5.7	4.7
Cozumel	3.9	4.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4.0	3.8	3.8	5.7	4.7

Tabla 1. Datos de la Insolución de Chetumal y Cozumel  
[Fuente: mapas de irradiación global solar en la república mexicana (CONAE, 1997)]

## 1.5. Uso de la electricidad por los consumidores

En la tabla 2 se muestra la información de las tarifas mensuales (cobros) de consumo de energía eléctrica a los usuarios.

**Tabla 2.** Montos de tarifas mensuales.

Tipo de edificio	Cantidad	Tarifa mensual	Importe
Hogares	150	\$ 250	\$ 37,500
Comercios	20	\$ 750	\$ 7,500
Hoteles	10	\$ 1,500	\$ 15,000
		<b>Total</b>	<b>\$ 60,000</b>

Adicionalmente a estos ingresos, según información proporcionada por funcionarios del H. Ayuntamiento de Tulum, la localidad recibe un apoyo de \$100,000 pesos (50 % el estado y 50% el municipio) para sufragar los costos del combustible.

Se comprobó durante la visita que el hecho de que no haya medidores de consumo por edificación promueve el derroche de energía eléctrica. Se detectaron por un lado lámparas encendidas durante el día, además de que algunos usuarios reportaron que algunos usuarios dejan encendidos sus aires acondicionados, durante días o semanas que están fuera de la localidad. Por otro lado también se detectó el uso de lámparas incandescentes de potencias mayores a setenta y cinco watts. Utilizar este tipo de lámparas de bajo costo pero consumo elevado implica la utilización de energía eléctrica que pudiera ser utilizada con otros fines productivos. Se recomienda la necesidad de implementar mediciones individuales en cada uno de los servicios que se proporcionan (acometidas) con el propósito de hacer usos racionales de la electricidad en este sentido.

Igualmente se plantea la necesidad de establecer tarifas diferenciadas en el consumo con el propósito de que el cobro de energía para cada consumidor sea más equitativo (de acuerdo al consumo). Para la implementación de esta medida se recomienda llevar a cabo un estudio para establecer rangos de consumo y tarifas aplicables, que aseguren poder cubrir el costo de los combustibles, la recuperación de los equipos y los costos de mantenimiento (menor y mayor) de la planta.

La aplicación de esta medida no puede ser unilateral y debe ser sometida a consideración de los habitantes, para que ya se pueda contar con la medición individual del consumo de electricidad en cada uno de los servicios. Se tiene que tomar en cuenta que los establecimientos que dan servicios a los turistas son los que más consumo de energía tienen ya que generalmente cada cuarto de los hoteles cuenta con aire acondicionado.

Se propone implementar las medidas recomendadas en cuanto a medición individual del consumo eléctrico, aplicación de tarifas diferenciadas, en conjunción con la implementación de un programa de medidas de ahorro de energía mediante el uso de equipo eficiente como lámparas ahorradoras, refrigeradores eficientes, neveras modernas u otras (ver figura 10).

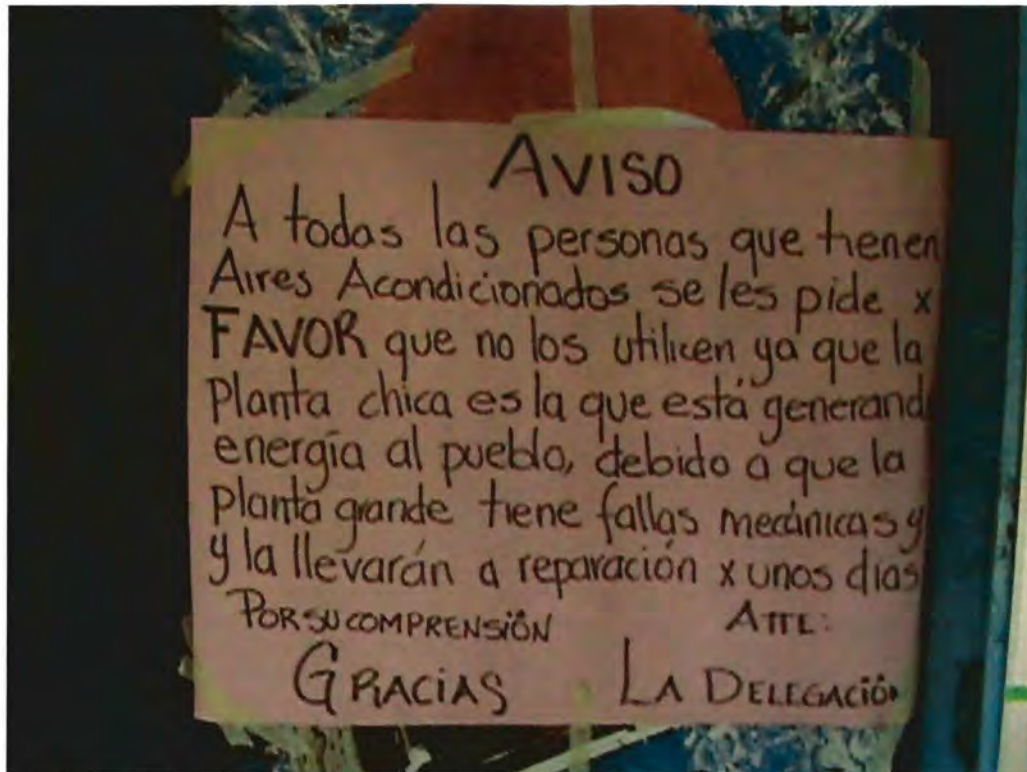


Figura 10. Medidas emergentes de apoyo.

# **Capítulo II**

## **Opciones de implementación**

Para efectos de analizar posibles soluciones al abasto de energía eléctrica en Punta Allen, se presentan cuatro opciones, con sus principales características.

Propuesta 1. Opción actual con dos generadores diesel uno 400 kW y el otro de 250 kW.

Propuesta 2. Transporte de energía eléctrica convencional a través de una línea subterránea.

Propuesta 3. Generar energía eléctrica con energía renovable a partir del viento.

Propuesta 4. Generar energía eléctrica con un sistema híbrido diesel-eólico al 67%-33%, respectivamente.

En los comentarios y conclusiones finales se discuten las ventajas y desventajas en su aplicación.

## 2.1. Propuesta 1. Opción actual con dos generadores diesel uno 400 kW y el otro de 250 kW.

En la tabla 3 se muestra el sistema de generación a base de combustibles fósiles, se considera, la inversión de la red de distribución en alta tensión, el costo y el mantenimiento de los equipos.

**Tabla 3.** Análisis de un sistema de generación con motogeneradores diesel

<b>GENERACION ANUAL</b> kW/hr (0.7x600kWx24hrsx365días)	3,679,200 kWh	
<b>MONTO DE LA INVERSION</b>		
Generador diesel de 250 kW	\$800,000	
Generador diesel de 400 Kw	\$1'200,000	
Red de distribución en alta tensión aérea en (2400/220/127v. 6 km)	\$9,000,000	
Total	\$11,000,000	
<b>COSTOS POR kW/hr</b>		
<b>INVERSION</b>		
10% x 11,000,000/3'679,200 kWh)	\$0.30 kWh	
<b>DEPRECIACION</b>		
Generador diesel (2,000,000.00/10 años/ 3,679,200kWh)	\$ 0.06 kWh	
Red de distribución (\$9,000,000/20 años/ 3,679,200kWh)	\$ 0.13 kWh	
<b>SEGUROS</b>		
Se estima (0.12%x\$11,000,000/3,679,200 kWh)	\$ 0.0036 k/h	
<b>MANTENIMIENTO</b>		
Generador diesel se estima un 15% (15%x \$ 2,000,000/ 3,679,200kW/hr)	\$ 0.08 kWh	
Red de distribución se estima un 5% (5%x\$ 9,000,000/ 3,679,200 kWh)	\$ 0.12 kWh	
<b>OPERACIÓN</b>		
Se estima un gasto de (\$1,000,000/\$ 3,679,200 kWh)	\$ 0.27 kWh	
<b>COMBUSTIBLES</b>		
Generador 1 (400 kW, 1800 rpm, 100%, 55 l/h x 18hr x 365díasx\$8) = \$2,890,800/3,679,200 kWh	\$ 0.78 kWh	
Generador 2 (250 kW, 1800 rpm, 100%, 73 l/h x 6 hrs 365días x\$8)=\$1,278,960/3,679,200 kWh	\$ 0.34 kWh	
<b>COSTO TOTAL DEL kWh</b>	<b>\$ 2.08 kWh</b>	

El análisis anterior implica que para que el sistema sea autofinanciable, se requiere ingresar por año y mes:

\$2.08 kWh x \$3'679,200 kWh = \$7'665,981/año (Si se incluye el costo financiero)	\$638,832/mes
\$1.78 kWh x \$3'679,200 kWh = \$6'548,976/año (Sin costo financiero)	\$545,581/mes
\$1.60 kWh x \$3'679,200 kWh = \$5'886,720/año (Sin costo financiero y depreciación)	\$490,560/mes
\$1.12 kWh x \$3'679,200 kWh = \$4'120,704/año (Sólo por combustible)	\$343,392/mes

**Tabla 4.** Análisis de ingresos mensuales para operación de los motogeneradores

Tipo edificio	Cantidad de unidades estimada por la delegación Punta Allen	Consumo estimado mensual kWh	Consumo Total estimado mensual kWh	Tarifa actual fija por edificio	Ingreso actual mensual	Si se cobrara con tarifas CFE de Abril 2009*	
						Tarifa mensual CFE	Importe mensual CFE
Hogares	150	240	36,000	\$ 250	\$ 37,500	\$250	\$37,500
Comercios	20	750	15,000	\$ 750	\$ 7,500	\$1,700	\$34,000
Hoteles	10	1,500	15,000	\$ 1,500	\$ 15,000	\$3,470	\$34,700
			66,000	Total	\$ 60,000		\$106,200
Subsidio Estatal y municipal					\$100,000		
Ingresos mensuales esperados					\$160,000		\$106,200

\*Tarifas ajustadas a partir de las tarifas 1B y 2 del mes de Abril de la CFE con los consumos estimados mensuales de las edificaciones.

De la tabla 4 se observa que los ingresos, no alcanzan a cubrir los costos anuales bajo ninguna de las hipótesis anotadas en el párrafo anterior. Es importante destacar que con ese estimado de negocios y consumo mensual de 66,000 kWh mensual, nos arroja un consumo de 792,000 kWh al año; esta cifra es muy inferior a los 3'679,200 kWh que se estima que los generadores tendrían que producir con base a la demanda máxima estimada que hay en el poblado.

Si analizamos el censo de carga hecho en 2007 por la UQROO a los 158 edificios que habían en esa fecha (Anexo II), se observa que 82 tenían una carga instalada superior a los tres kW (figura 11) que es típico de edificios con aire acondicionado, por lo que debería de existir medidores en cada edificación para contar con una medición más precisa de los consumos que permitan hacer una recuperación de ingresos más congruente.

Números de Usuarios por Capacidad Instalada en kW

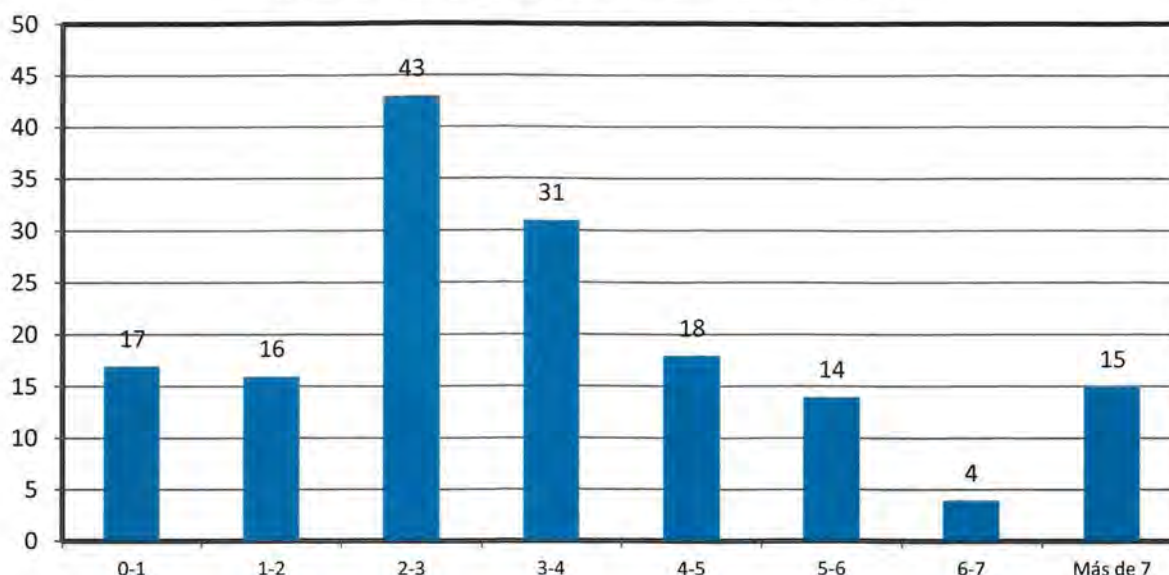


Figura 11. Número de usuarios y capacidad instalada (información proporcionada por la UQROO).

Si con base a lo anterior, establecemos una distribución hipotética de consumo en Punta Allen y tarifas que estimamos estén más apegadas a la realidad, se tiene:

Tabla 5. Análisis de ingresos por facturación por parte de CFE.

Tipo Edificio	Cantidad de unidades estimada por la delegación Punta Allen	Consumo estimado mensual kWh	Consumo total estimado mensual kWh	Esquema bajo tarifas propuestas		Si se cobrara con tarifas CFE de Abril 2009*		
				Tarifa fija por edificio	Ingreso mensual	Tarifa mensual CFE	Importe mensual CFE	
Hogares	30	240	36,000	\$ 250	\$7,500	\$250	\$7,500	
Hogares DAC	120	1,500	180,000	\$2,500	\$300,000	\$4,120	\$494,400	
Comercios	20	1,500	30,000	\$2,500	\$ 50,000	\$3,422	\$68,440	
Hoteles	10	2,500	25,000	\$ 4,500	\$ 45,000	\$5,780	\$57,800	
			66,000	Total	\$ 402,500		\$628,140	
	Subsidio Estatal y municipal					\$100,000		
	<b>Ingresos mensuales esperados</b>					<b>\$502,500</b>		<b>\$628,140</b>


\*Calculadas con las tarifas 1B, DAC y 2; del mes de Abril del 2009 y los consumos estimados por tipo de edificación.



## 2.2. Propuesta 2. Transporte de energía eléctrica convencional a través de una línea subterránea.

En la tabla 6 se muestra el análisis de la propuesta de establecer una línea eléctrica convencional, ésta línea de 34.5 Kv y de 53 km entre Tulum y Punta Allen, cabe mencionar que el trazo estaría dentro de la Biosfera de Sian ka'an.

**Tabla 6.** Análisis de sistema de suministro a cargo de la CFE.

<b>GENERACION ANUAL</b> (0.70x600kWx24hrx365dias)	3,679,200 kWh	
<b>MONTO DE LA INVERSION</b>		
Línea subterránea a 34.5 KVA (\$2,500,000x53km)	\$ 132,500,000	
Red de distribución en alta tensión aérea 2400/220/127v, 6 km	\$ 9,000,000	
Subestación eléctrica de interconexión en 34.5 KVA	\$ 2,000,000,	
Inversión total	\$143,500,000	
<b>INVERSION</b>		
10% x 143'500,000/3'679,200 kWh)	\$3.90 kWh	
<b>DEPRECIACION</b>		
Red subterránea 34.5 KVA (\$132,500,000/30años/3,679,200 kWh)	\$ 1.20kWh	
Red de distribución (\$9,000,000/20años/3,679,200kW/hr)	\$ 0.13kWh	
Subestación eléctrica en 34.5 KVA (\$ 2,000,000/30años/3,679,200 kWh)	\$ 0.02kWh	
Aseguramiento se estima un 12 al millar (0.12x\$143,500,000/100/3,679,200 kWh)	\$ 0.05kWh	
<b>MANTENIMIENTO</b>		
Red subterránea se estima un 5% (0.05x\$132,500,000/3,679,200 kWh)	\$ 1.80 kWh	
Red de distribución se estima un 5%(0.05x\$9,000,000/3,679,200 kWh)	\$ 0.13 kWh	
Subestación eléctrica 34.5 KVA se estima un 5% (0.05x\$2,000,000/3,679,200)	\$ 0.03 kWh	
<b>OPERACION</b>		
Se estima un gasto de(\$ 1,000,000/ 3,679,000 kWh)	\$ 0.28 kWh	
<b>COMBUSTIBLES</b>	\$ 0.0 kWh	
<b>COSTO TOTAL</b>	\$ 7.54 kWh	



### 2.3. Propuesta 3. Generar energía eléctrica con energía renovable a partir del viento

En la tabla 7 se muestra un análisis de un sistema de generación con aerogeneradores que permitiría contar con energía limpia y resolver el abasto.

**Tabla 7.** Análisis de sistema de suministro a partir de aerogeneradores.

<b>GENERACION</b> (0.70x600Kwx24hrx365dias)	3'679,200 kWh	
<b>MONTO DE LA INVERSION</b>		
12 generadores eólicos de 50 kW de potencia instalada para generar de hasta 600 Kw	\$ 16'200,000	
Red de distribución en alta tensión aérea 2400/220/127V, 6 km	\$ 9,000,000	
Inversión total	\$25'200,000	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		
0.10x25'200,000/3'679,200	\$0.68 kWh	
<b>DEPRECIACION</b>		
\$25'200,000/20años/3,679,200 kWh	\$ 0.34 kWh	
<b>SEGUROS</b>		
Se estima un 0.12% al millar (0.12/100x\$25'200,000/3,679,200 kWh)	\$ 0.01 kWh	
<b>MANTENIMIENTO</b>		
Generador eólico se estima un 1% (0.01x\$16'200,000/3,679,200 kWh)	\$ 0.04kWh	
Red de distribución se estima un 5% (0.05x\$9,000,000/3,679,200 kWh)	\$ 0.12kWh	
<b>OPERACIÓN</b>		
Se estima un gasto de ( \$1,000,000/3,679,200 kWh)	\$ 0.28kWh	
<b>COMBUSTIBLES</b>	\$ 0.0kWh	
<b>COSTO TOTAL</b>	\$ 1.47kWh	

## 2.4. Propuesta 4. Generar energía eléctrica con un sistema híbrido diesel-eólico al 67%-33%, respectivamente.

En la tabla 8 se muestra un sistema híbrido que permita abastecer de energía a la población, tomando en cuenta que cuando no haya viento el equipo diesel servirá de soporte aunque el servicio se tendría que racionalizar.

**Tabla 8.** Análisis de un sistema híbrido (motogenerador-aerogenerador).

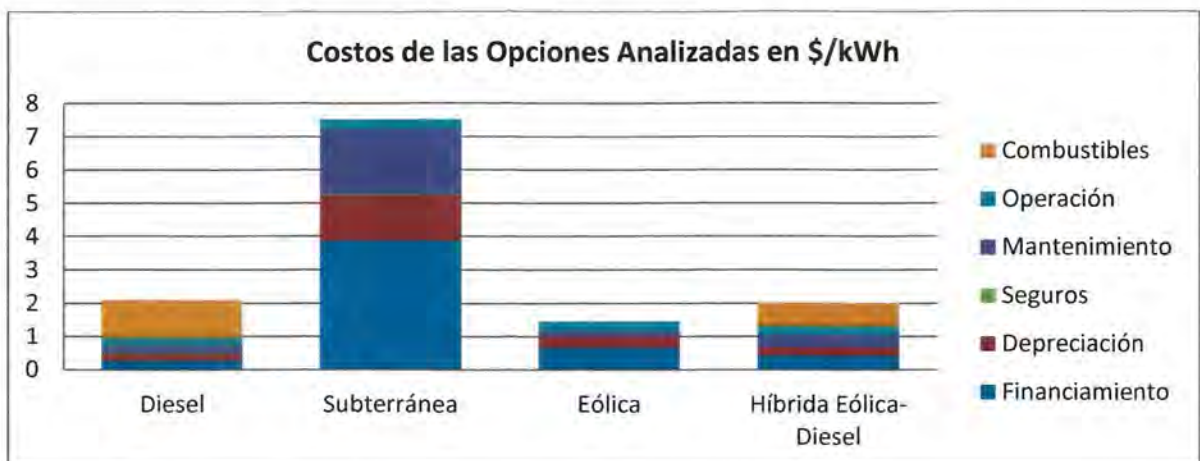
<b>GENERACION</b> (0.70x600kwx24hrx365dias)	3'679,200 kWh	
<b>MONTO DE LA INVERSION</b>		
4 generadores eólicos de 50 kW potencia instalada para generar 200 kW	\$5,400,000	
Red de distribución en alta tensión aérea 2400/220/127v, 6 km	\$ 9,000,000	
Generador diesel 400 kW	2,000,000	
Inversión total	\$16,400,000	
<b>FINANCIAMIENTO</b>		
0.10x16'400,000/3'679,200	\$0.44 kWh	
<b>DEPRECIACION</b>		
Generador eólico (\$5,400,000/20años/3,679,200 kWh)	\$ 0.07 kWh	
Red de distribución (\$9,000,000/20años/3,679,200kw/hrs)	\$ 0.12 kWh	
Generador diesel (2,000,000/10 años/3,679,200 kWh)	\$ 0.06 kWh	
<b>SEGUROS</b>		
Se estima un 12% al millar (0.12x\$16,400,000/100/3,679,200 kWh)	\$ 0.01 kWh	
<b>MANTENIMIENTO</b>		
Generador eólico se estima un 1% (0.01x\$5,400,000/3,679,200 kWh)	\$ 0.14 kWh	
Red de distribución se estima un 5%(0.05x\$9,000,000/3,679,200 kWh)	\$ 0.13 kWh	
Generador diesel se estima un 15% (0.15x\$2,000,000/3,679,200 kWh)	\$ 0.08 kWh	
<b>OPERACION</b>		
Se estima un gasto de( \$1,000,000/ 3,679,200kw/hrs)	\$ 0.28 kWh	
<b>COMBUSTIBLES</b>		
Generador(400kw ,1800rpm, 100% 55lts.x16hrsx365 diasx\$8) =\$2'569,600 Entre 3,679,200 kWh/año	\$ 0.70 kWh	
<b>COSTO TOTAL</b>	\$ 2.03 kWh	

## 2.5. Comparación de los sistemas

De las cuatro propuestas se obtiene la siguiente tabla comparativa y los costos de las operaciones analizadas (ver figura 12).

**Tabla 9.** Análisis de opciones de generación.

Opción	Generadores diesel	Conexión a la red subterránea	Generación eólica	Generación híbrida eólica diesel
Inversión	\$11'000,000	\$143'500,000	\$25'200,000	\$16'400,000
Generadores diesel	\$2'000,000			\$2'000,000
Generadores eólicos			\$16'200,000	\$5'400,000
Transformador		\$2'000,000		
Red	\$9'000,000	\$9'000,000	\$9'000,000	\$9'000,000
Línea de transmisión		\$132'500,000		
Costos (\$/kWh)				
Financiamiento	0.30	3.90	0.68	0.44
Depreciación	0.19	1.35	0.34	0.25
Seguros	0.04	0.05	0.01	0.01
Mantenimiento	0.20	1.96	0.16	0.35
Operación	0.27	0.28	0.28	0.28
Combustibles	1.12	0.00	0.00	0.70
Costo total	2.08	7.54	1.47	2.03
Costo total sin financiamiento	1.78	3.64	0.79	1.59
Producción anual kWh	3'679,200	3'679,200	3'679,200	3'679,200
Ingresos anuales necesarios sin considerar costos financieros	\$7'652,736	\$13'392,288	\$2'906,568	\$5'849,928
Ingresos mensuales necesarios sin considerar costos financieros	\$637,728	\$1'116,024	\$242,214	\$487,494



**Figura 12.** Costos de las opciones analizadas.

# **Comentarios y conclusiones generales**

## Comentarios y conclusiones generales

Es necesario que las autoridades ya tomen la decisión de resolver el suministro de abasto de energía, que durante mucho tiempo aqueja a la población de Punta Allen, este trabajo refleja de manera directa, cual es el comportamiento del consumo, tipo de generación y opciones para resolver esta situación.

Considero que resulto acertado considerar las cuatro opciones y que derivado del análisis hay que mencionar las ventajas y desventajas de esas opciones.

La primera considera seguir dependiendo del mismo sistema y a su vez continuar con el uso de combustibles fósiles que ya ha demostrado contribuye a la generación de gases de efecto invernadero y a su vez cambio climático, La segunda técnicamente la más viable enfrenta problemas más del tipo ambiental que de otra índole, y aunque la generación de energía por parte de la CFE sigue siendo en gran medida a partir de combustibles fósiles, ya se avanza en energía renovables así como en el sistema de autoabastecimiento y porteo, medidas que impactarían de manera positiva y complementarían la implementación de este sistema. La tercera opción enfrenta en problema ambiental y disponibilidad de recurso eólico, porque si bien la zona cuenta con potencial sería muy arriesgado depender completamente de esta opción y la parte financiera también es de tomarse en cuenta porque en México el costo de estos equipos sigue siendo costoso. La cuarta opción vendría a revolucionar el sistema de generación si se llegara a implementar además que permitiría comprobar el uso de las energías renovables, eólica en este caso sin comprometer la generación.

Independientemente de la opción que se elija es necesario contar también con un programa constante de concientización en ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. La medición del consumo de energía para cobrar el servicio eléctrico también es una medida urgente.

La formación académica que me brindo la ingeniería en sistemas de energía me permitió poder realizar este trabajo de manera ética y profesional en el área de energía eólica, pude opinar acerca de la velocidad del viento necesaria para que los aerogeneradores produzcan energía, en maquinas eléctricas mencione recomendaciones debido a los daños en las protecciones de los transformadores, en cuento a los costos y presupuesto permitieron considerar las variantes que en cada caso se presentaron, de seminario de problemas regionales se pudo gestionar con el ayuntamiento en los pobladores que el uso de la energía es un servicio fundamental para el desarrollo de sus familias y de la comunidad, entre otras, me permitieron poder realizar cálculos y tomar decisiones.

Este trabajo me permitió desenvolverme en varios aspectos que fortalecerán mi desempeño al frente del Departamento de Eficiencia energética de la Comisión de Energía del Estado, ya que se analizaron las opciones arriba mencionada además se hizo el análisis de las tarifas, el trabajo de campo que permitió conocer y palpar las necesidades básicas para las actividades cotidianas (ya sea en el hogar, escuela, hotel u otro edificio) que necesite utilizar energía eléctrica, análisis de gabinete, análisis dimensional, es decir toda una serie de herramientas técnicas y de oficina.

# **ANEXOS**

## Anexo I. Parámetros del equipo eléctrico en negocios de Punta Allen.<sup>1</sup>

Lugar	Mediciones realizadas	Observaciones
Fábrica de hielo	Corriente y voltaje	Los valores medidos se encuentran dentro de un rango aceptable. ( $\pm 5\%$ ). ésta hielera cuenta con un transformador trifásico de 75 KVA. los pobladores comentaron que solo trabaja de día ya que si opera en la noche el voltaje en la población se ve afectado drásticamente.
Centro de generación eléctrica	Corriente	Aproximadamente a las 15 hrs, se visitó el local donde se ubican las 2 plantas de generación que operan a base de diesel. La más pequeña con capacidad de 250 kW y la segunda de 400 kW. Durante la visita se encontraba operando la planta de 250 KW, las mediciones dieron como resultado un alto grado de desbalance en la salida del generador. Las mediciones en distintas fases fueron de 400, 330 y 300 amperes, dando como resultado un desbalance de 25%.
Vivienda 1	Voltaje	Se midió el voltaje en el centro de carga principal de la vivienda y se obtuvo un voltaje de 104 v. (18% debajo del voltaje nominal), con estos valores algunos equipos pueden no funcionar adecuadamente o no encender. Esta vivienda se encuentra aproximadamente a 120 metros de un transformador de distribución tipo poste de 50 KVA.
Vivienda 2	Voltaje	Se midió el voltaje en el centro de carga principal cuyos valores fueron de 108 v y 106 v. ligeramente mayores que los de la vivienda 1. Esta vivienda es contigua a la vivienda uno.
Tienda de abarrotes	Voltaje	El voltaje medido en este establecimiento fue de 108 y 110 v (cuenta con servicios bifásicos a 3 hilos) los cuales son más aceptables que los medidos anteriormente en la vivienda. Cabe mencionar que este establecimiento se encuentra unos 60 metros más cerca del transformador de 50 KVA mencionado anteriormente.

<sup>1</sup> Estudio realizado en 2007 por la UQROO.



## Anexo II. Censo de carga por usuarios kW<sup>2</sup>

CENSO DE CARGA DE (KW) POR USUARIO(S)									
1	1310	32	2357	63	7290	94	2881	125	789
2	6193	33	2864	64	4086	95	2650	126	900
3	2556	34	2375	65	2190	96	5622	127	137
4	3036	35	5746	66	2881	97	2980	128	843
5	3117	36	2560	67	885	98	3905	129	5831
6	5299	37	2812	68	860	99	3186	130	2951
7	4535	38	2885	69	2601	100	2980	131	11497
8	970	39	7616	70	3186	101	300	132	12556
9	2703	40	2541	71	900	102	3091	133	10356
10	2942	41	2422	72	3265	103	3646	134	24240
11	3867	42	1717	73	6685	104	3615	135	4006
12	1298	43	2641	74	2905	105	1693	136	3760
13	3425	44	5643	75	3201	106	1104	137	5990
14	3423	45	3320	76	3005	107	3526	138	3420
15	855	46	2801	77	2684	108	5564	139	4371
16	2811	47	4310	78	4155	109	7132	140	2640
17	4686	48	5397	79	2557	110	5177	141	2446
18	4226	49	2557	80	2676	111	740	142	5710
19	4510	50	5889	81	3126	112	4420	143	4545
20	7219	51	3105	82	3700	113	2678	144	6193
21	2681	52	1620	83	1383	114	7426	145	2019
22	1632	53	4984	84	2983	115	5147	146	4187
23	1884	54	3265	85	3001	116	0	147	3728
24	1601	55	4807	86	2905	117	13595	148	1332
25	2611	56	2570	87	3230	118	10800	149	4741
26	2759	57	12520	88	2882	119	14801	150	2122
27	5253	58	1127	89	2865	120	10943	151	620
28	3023	59	800	90	3211	121	4839	152	3589
29	4831	60	2780	91	600	122	330	153	6653
30	1460	61	1725	92	3046	123	5989	154	298
31	3513	62	1422	93	2757	124	3717	155	1181
								156	4755
								157	2520
								158	7211
								Carga Total= 603722.00	
									604 kw

Rango cargas instaladas	Números de usuarios	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
0-1	17	17	11%
1-2	16	33	21%
2-3	43	76	48%
3-4	31	107	68%
4-5	18	125	79%
5-6	14	139	88%
6-7	4	143	91%
Más de 7	15	158	100%

<sup>2</sup> Estudio realizado por la UQROO en 2007

Anexo III. Formato para inventario de cargas eléctricas.<sup>3</sup>

Tipo de carga	Cantidad	Potencia	Condiciones del aparato *	
			Viejo	Nuevo
Tubos fluorescentes				
Lámparas ahorradoras				
Lámparas incandescentes				
Licuadaora				
Cafetera				
Tostador de pan				
Horno de microondas				
Refrigerador				
Congelador				
Parrilla eléctrica				
Horno eléctrico				
Tv color "pulgadas"				
Tv b/n				
Videograbadora				
Radio grabadora				
Dvd				
Equipo de sOnido				
Video juegos				
Sistema tv satelital				
Base p/teléfono cel./stel				
ventilador				
Aire acondicionado				
Calefactor de aire				
Calentador de agua				
Regadera eléctrica				
Lavadora secadora				
Plancha				
Bomba de agua				
Herramientas				
Otros				

\*Marque con una x en la columna que corresponda según las condiciones del aparato

Nombre del encuestador: \_\_\_\_\_

<sup>3</sup> Usado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas en su estudio realizado en la localidad en el 2007

## Anexo IV. Formato de Información General<sup>4</sup>

1. Nombre de la localidad: Punta Allen Quintana Roo.
2. No. de cliente \_\_\_\_\_
3. Sexo del entrevistado

**(Marque con una x la opción que corresponde)**

masculino \_\_\_\_\_ femenino \_\_\_\_\_

4. Edad: \_\_\_\_\_ ocupación: \_\_\_\_\_

5. Número de habitantes en la vivienda: \_\_\_\_\_

6. Tipo de casa:

ladrillo \_\_\_\_\_ madera \_\_\_\_\_ block \_\_\_\_\_

lámina \_\_\_\_\_ otro (especifique) \_\_\_\_\_

7. Número total de cuartos en la vivienda: \_\_\_\_\_

8. Servicios

**(Marque con una x la/s opción/es que correspondan)**

electricidad \_\_\_\_\_ agua \_\_\_\_\_

Drenaje \_\_\_\_\_ letrina \_\_\_\_\_

9. Pago por los servicios

Electricidad \$ \_\_\_\_\_ /mes agua \$ \_\_\_\_\_ /mes

10. Horario de servicio de energía eléctrica: \_\_\_\_\_

11. Uso de otros energéticos

**(Marque con una x la/s opción/es que correspondan)**

pilas \_\_\_\_\_ gas \_\_\_\_\_

gasolina \_\_\_\_\_

12. Otro (especifique) \_\_\_\_\_

Pilas gasto: \$ \_\_\_\_\_ /mes gas gasto: \$ \_\_\_\_\_ /mes

Gasolina gasto: \$ \_\_\_\_\_ /mes otros gasto: \$ \_\_\_\_\_ /mes

<sup>4</sup> Usado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas en su estudio del 2007

## Anexo V. Repartición de la carga eléctrica total de los transformadores<sup>5</sup>

Numero de transformador	Numero de lotes de alimentación	Fase de alimentación	Observaciones
Transformador 1 (37.5 KVA)	28	A-B	Zona de carga baja.
Transformador 2 (50 KVA)	19	B-C	Zona de carga baja.
Transformador 3 (37.5 KVA)	10	A-B	Zona de carga normal.
Transformador 4 (37.5 KVA)	22	A-B	Zona de carga baja.
Transformador 5 (50 KVA)	27	A-B	Zona muy cargada y con muchos aires acondicionados.
Transformador 6 (50 KVA)	23	B-C	Zona de carga normal.
Transformador 7 (15 KVA)	8	B-C	Zona muy cargada.
Transformador 8 (75 KVA)	Congeladora	A-B-C	Zona muy cargada.
Transformador 9 (37.5 KVA)	17	B-C	Zona de carga normal.
Transformador 10 (25 KVA)	15	B-C	Zona de carga normal.
Transformador 11 (25 KVA)	39	B-C	Zona muy cargada y con muchos aires acondicionados.

Teniendo en cuenta que la demanda total es de alrededor de 604 Kw a plena carga, *sin tener en cuenta la carga total de la congeladora*, vemos que esta supera por mucho a la proporcionada por los generadores eléctricos a diesel.

DISTRIBUCION DE LA CARGA POR TRANSFORMADORES Y CIRCUITOS		
No-Tranfor	Capacidad(KVA)	Fases Alim.
1	37.5	A-B
2	50	B-C
3	37.5	A-C
4	37.5	A-B
5	50	A-B
6	50	B-C
7	15	B-C
8	75	A-B-C
9	37.5	A-C
10	25	A-C
11	25	A-C
440		

Cambios de fases en los transformadores					
Transformador	Capacidad(KVA)	Fase	Longitud(m)	Fase	Neutro
2	50	A-C/B-C	10	1/0	2
3	37.5	A-B/A-C	43	2	2
9	37.5	A-B/A-C	10	2	2

Total de carga por Fases	
Fases	Total
A-B	125
B-C	115
A-C	125
A-B-C	75
440	

Porcentaje de utilización de Fase		
Fase	Total	Porcentaje
A	150	34.09
B	145	32.95
C	145	32.95
440		

No-Tranfor	Capacidad(KVA)	Fases Alim.
1	18.75	A-B
2	25	B-C
3	18.75	A-C
4	18.75	A-B
5	25	A-B
6	25	B-C
7	7.5	B-C
8	25	A-B-C
9	18.75	A-C
10	12.5	A-C
11	12.5	A-C

<sup>5</sup> Estudio realizado por la UQROO en 2007.

Anexo VI. Dispositivos de la red eléctrica de distribución.<sup>6</sup>

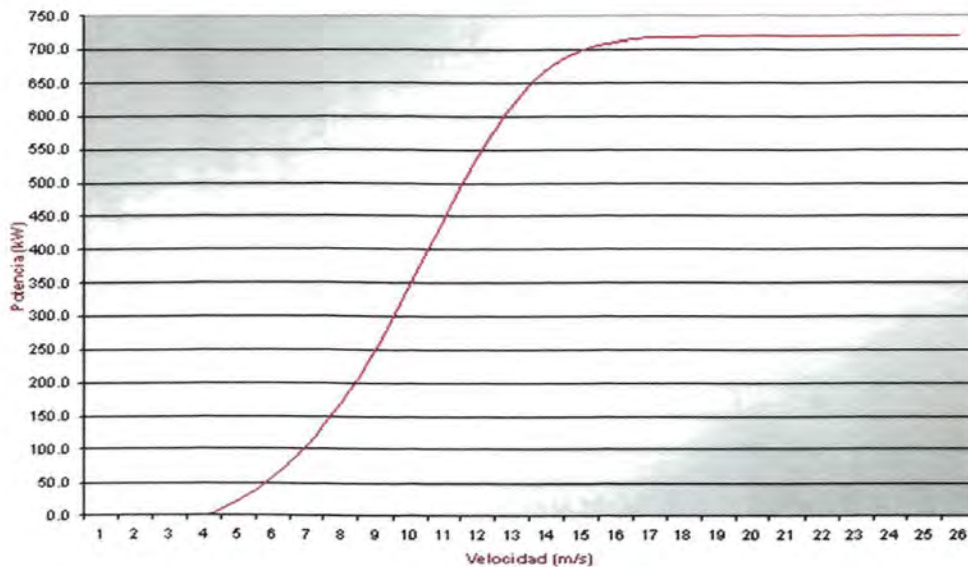
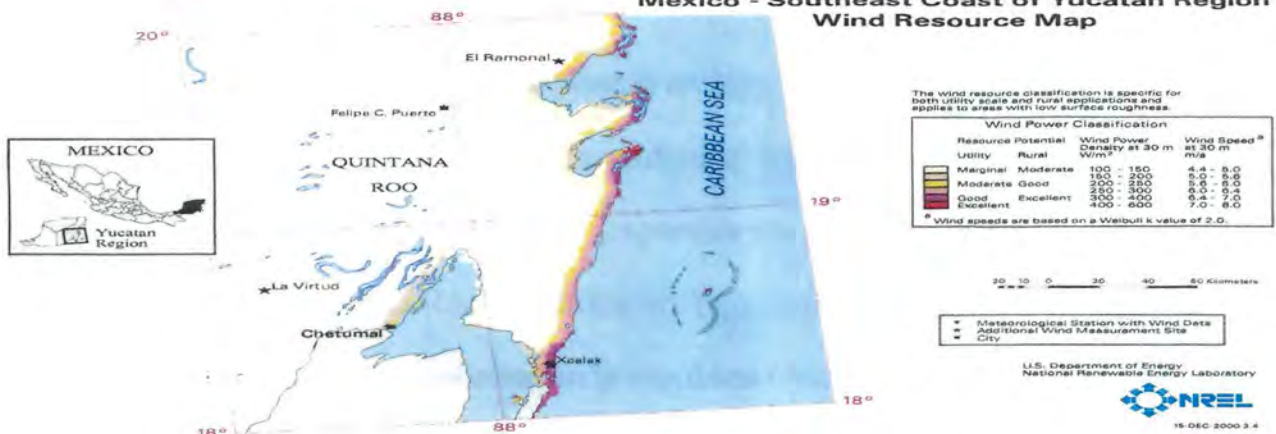
CUADRO DE DISPOSITIVOS							
NO.	POSTE	LAMPARA DE 150 WTS	MEDIA TENSION	BAJA TENSION	RETENIDA	TIERRA FISICA	TRANSFORMADOR CAP. K.V.A.
1	P-M11-700	1	RD30/2TR3B				
2	P-M11-700	1	TS30/1TR3B				
3	P-M11-700	1	RD30/RD30	RB3	RSA/RSA		
4	P-M11-700	1	TS30	PB3			
5	P-M11-700	1	2RD30/2RD20	TB3/RB3			
6	P-M11-700	1	RD20/1TR2B	RB3		1	50 KVA
7	P-M11-700	1	RD20/1TR2B	PB3	RSA	1	15 KVA
8	P-M 9-700	1		RB3	RSA		
9	P-M 9-700	1		4) RB3			
10	P-M 9-700	1		PB3			
11	P-M 9-700	1		PB3/RB3			
12	P-M 9-700	1		RB3/RB3			
13	P-M11-700	1	TS30	RB3/RB3			
14	P-M11-700	1	TS30/RD30	TB3			
15	P-M11-700	1	TS30/RD30	PB3		1	75 KVA
16	P-M11-700	1	RD30/RD30	4) RB3			
17	P-M 9-700	1		RB3	RSA		
18	P-M11-700	1	TS30	PB3			
19	P-M11-700	1	TS30	RB3/RB3			
20	P-M11-700	1	TS30	PB3			
21	P-M11-700	1	TS20/1TR2B	PB3		1	37.5 KVA
22	P-M11-700	1	TS20/RD20	4) RB3			
23	P-M 9-700	1		RB3/RB3			
24	P-M 9-700	1		PB3			
25	P-M 9-700	1		PB3	RSA		
26	P-M11-700	1	RD20/1TR2B	PB3	RSA	1	25 KVA
27	P-M 9-700	1		TB3	RSA		
28	P-M 9-700	1		RB3	RSA		
29	P-M 9-700	1		PB3			
30	P-M 9-700	1		2RB3/RB4	RSA/RBA		
31	P-M 9-700	1		RB3/RB3			
32	P-M 9-700	1		PB3			
33	P-M 9-700	1		RB3	RSA		
34	P-M 9-700	1		PB4			
35	P-M 9-700	1		TB4	RSA		
36	P-M 9-700	1		PB3			
37	P-M 9-700	1		RB3	RSA		
38	P-M11-700	1	RD20/1TR2B	PB3	RSA	1	25 KVA
39	P-M 9-700	1		PB4			
40	P-M 9-700	1		PB4/PB4			
41	P-M 9-700	1		RB4	RSA		
42	P-M11-700	1	RD20/1TR2B	RB4	RSA	1	15 KVA
43	P-M11-700	1	TS30	RB4/RB4			
44	P-M11-700	1	TS30/RD20	TB4/RB4	RSA		
45	P-M11-700	1	TS30	PB4			
46	P-M11-700	1	TS30/RD20	TB4/RB4	RSA		
47	P-M11-700	1	TS30	PB4			
48	P-M11-700	1	RD30/RD20	PB4/RB4	RSA		
49	P-M 9-700	1		PB4			
50	P-M 9-700	1		RB4	RSA		
51	P-M11-700	1	RD20/1TR2B	PB4		1	50 KVA
52	P-C11-700	1	TS20	PB4/PB4			
53	P-M 9-700	1		RB3	RSA		
54	P-C11-700	1	RD20/RD20	3)RB4	RSA/RSA		
55	P-M 9-700	1		RB3	RSA		
56	P-C11-700	1	RD20/1TR2B	PB3	RSA	1	37.5 KVA
57	P-M 9-700	1		TB3	RSA		
58	P-M 9-700	1		RB3	RSA		
59	P-M 9-700	1		PB3			
60	P-M 9-700	1		3)RB3	RSA		
61	P-M 9-700	1		PB3			
62	P-M 9-700	1		PB3			
63	P-M11-700	1	RD20/1TR2B	PB4	RSA	1	50 KVA
64	P-M 9-700	1		TB4	RSA		
65	P-M 9-700	1		TB4	RSA		
66	P-M 9-700	1		RB4/RB4	RSA		
67	P-M 9-700	1		PB4			
68	P-M 9-700	1		RB4	RSA		
69	P-C11-700	1		PB3			
70	P-C11-700	1		2)RB3	RSA		
71	P-C11-700	1		RB3	RSA		
72	P-C11-700	1		3)RB3	RSA		

<sup>6</sup> Fuente CFE

# Anexo VII. Velocidad del viento en la costa centro sur de Quintana Roo y capacidad de aerogeneradores en función de la velocidad media del viento.



Mexico - Southeast Coast of Yucatan Region  
 Wind Resource Map



## Bibliografía

Comision Federal de Electricidad Disponible en:

[http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas\\_casa.asp?Tarifa=DACTAR1B&anio=2012](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1B&anio=2012)

Comision Federal de Electricidad Disponible en:

[http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_negocio.asp?Tarifa=2&Anio=2012&mes=10](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp?Tarifa=2&Anio=2012&mes=10)

Hulshorst, W (1998) *Manual práctico de energía eólica* (Manual práctico de evaluación de una instalación de energía eólica a pequeña escala) Madrid, España, Universidad politécnica de Madrid.

Comision de energia del estado de Quintana Roo (CENER). Análisis de opciones que permitan a la comunidad de Punta Allen, Quintana Roo resolver su problema de abasto de energia electrica. Chetumal, Quintana Roo, México. 2009.

National Rewable Energy Laboratory disponible en:<http://www.nrel.gov/wind>

Notas personales de asignaturas de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas de Energía.

2005 Instituto de investigaciones electricas disponible en: <http://iie.org.mx>

2007 Universidad de Quintana Roo disponible en: <http://ugroo.gob.mx>

1997 “mapas de irradiacion global solar en la republica mexicana” disponible en <http://conae.org.mx>