

3. OPINIÓN Y EXPECTATIVAS DE LA POBLACIÓN

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ENTREVISTADOS

Los entrevistados fueron en su mayoría mujeres (60%) con un promedio de edad de 49 años, con una variación etaria entre 31 y 82. Residen en la zona de implantación del proyecto (50%) y en Aiguá (50%).

En cuanto al nivel educativo al nivel educativo de los entrevistados, vemos la siguiente distribución:

Tabla 3-1 : Nivel de educación

Nivel educativo	%
Primaria	40%
Ciclo básico	50%
Magisterio	10%

Los entrevistados se desempeñan en las siguientes ocupaciones:

- comerciantes
- ama de casa
- maestra
- jubilado
- peón
- encargado de establecimiento
- empleada domestica

3.2 VECINOS CERCANOS A LA INSTALACIÓN

En cuanto a los vecinos más cercanos, en general, son parte del propio emprendimiento, ya que se instala en diferentes predios y todos han negociado su participación de forma

conveniente a sus intereses. Los que no lo son, desean participar, plantean que hay una segunda parte y que tienen la expectativa de integrarse.

Sin embargo, en las entrevistas surge que tienen diferentes niveles de información respecto al emprendimiento. Aunque, en general (salvo en un caso) tienen información sobre el emprendimiento dada por la empresa. Como los entrevistados, en su mayoría son los empleados de los establecimientos, la información que manejan es intermediada por los dueños de los establecimientos, que son los que han recibido la información directamente de la empresa.

El 80% de los entrevistados entienden que el emprendimiento no afecta el medio ambiente, por el contrario entienden que es una forma de generación de energía "limpia".

El 20% restante entiende que afecta en relación al ruido y a la modificación del paisaje.

Al indagar específicamente si afecta la vida cotidiana de la población, el 40% de los entrevistados entiende que afecta específicamente en una mejora de la infraestructura (especialmente en cuanto a la mejora de la caminería), en un aumento de oferta de trabajo y un mayor movimiento que aporta especialmente a los comercios de la zona.

En ese sentido, entienden que se han generado expectativas en la población respecto a una mejora por los aspectos antes señalados: trabajo, mayor movimiento de personas y mejora de la infraestructura en la zona.

En general, todos los entrevistados plantean estar de acuerdo con el proyecto, y no plantean dificultades al respecto. Sin embargo, un comerciante de la zona (estancia turística) considera que este emprendimiento no aporta a su negocio, por el contrario entiende que el turista europeo no tiene interés, su suma un atractivo a la zona desde esta perspectiva. A su vez, plantea que dentro de la zona de su negocio se encuentra un área protegida (desde 19959 de 100 ha, donde hay unas 150 especies. No sabe si afectara a estas aves la construcción del parque eólico.

3.3 AIGUÁ

En términos generales, podemos afirmar que la mayoría de los entrevistados (60%) en la ciudad no tenían información sobre el emprendimiento. En varios casos, los entrevistados no emiten opinión y plantean que no están interesados, que entienden que no les afecta en nada ya que en Aiguá no altera la vida cotidiana y tienen una visibilidad pequeña.

Las expectativas se concentran en la posibilidad de generar puestos de trabajo para la zona, especialmente en la etapa de obra.

3.4 OBSERVATORIO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS

La Facultad de Ciencias tiene instalado en la zona el primer observatorio astronómico del país, que consta de una caseta con placas, casi hermética donde está instalado los aparatos que miden Sismología y Magnetismo.

La ubicación del observatorio en la zona es producto de dos años de medición de diferentes zonas, realizándose un mapa sobre magnetismo que fundamenta la elección de la zona, ya que el cerro Catedral es el punto más alto del país. Se instala en una instancia turística donde tienen firmado un comodato.

La geóloga Ieda Sánchez, responsable del observatorio explica que las vibraciones de las astas de los molinillos produce un ruido similar o que se confunde con los movimientos sísmicos y no hay filtros que permitan discriminar el origen de estas vibraciones.

Por otro lado, también se perturba el magnetómetro, ya que tiene que no puede moverse y las vibraciones producen un pequeño movimiento pero que afecta el funcionamiento del mismo.

El equipo de científicos realizó una prueba en la sierra Caracol con el parque eólico de UTE. Manifiestan que hicieron una medición con magnetómetro manual que es menos sensible que el instalado en el observatorio, por lo cual a los resultados obtenidos deben sumarse la diferencia generada por el tipo de magnetómetro.

Las mediciones se realizaron por tramos cortos, donde recién a los 8,9 Km dejaron de tener perturbaciones, a partir de ahí comienzan a medir en tramos de un metro. Concluyen que para que no exista perturbación en el observatorio instalado en Cerro Catedral, el molinillo más cercano debería estar a 10 km

Según la opinión de la entrevistada la construcción del parque debería realizarse por lo menos a 10 km del observatorio, de lo contrario entiende que la empresa debería costear el traslado del mismo a otra zona.

3.5 AUTORIDADES MUNICIPALES

Las autoridades municipales consultadas, en general, no expresan inconvenientes a este tipo proyecto. Si bien la Intendencia de Maldonado aún no ha definido un plan de ordenamiento territorial respecto a las zonas rurales, es un hecho que se han aprobado proyectos de parque eólicos en la zona de sierras.

El único rubro que podría entrar en conflicto con la instalación de los parques es el turismo, aunque también existe un turismo asociado a estos emprendimientos. Es por eso que desde la Intendencia se resalta la importancia de tener un plan de ordenamiento donde se definan las prioridades productivas en las diferentes zonas del Departamento.

Desde la Intendencia, en referencia a la instalación de parques eólicos, existe la preocupación respecto a las aves. En este sentido están tratando de realizar un análisis de los corredores de avifauna que pueda tener el Departamento, eso también es otro elemento que es importante a la hora de zonificar. En toda bibliografía internacional habla de que las aves pueden tener algún tipo de afectación con la instalación de estos parques.

En la Intendencia han recibido quejas de los vecinos, los cuales reclaman desde diversas posiciones: algunos dicen no más aerogeneradores, o digan dónde van a permitirlos; otros se oponen desde el punto de vista turístico con la naturaleza, o bien una percepción de parte de ellos respecto a que los valores de los terrenos se ven disminuidos, ya que se afecta el paisaje, “no es lo mismo un terreno que no ves nada a uno con línea de aerogeneradores”.

Sin embargo, según las autoridades de la Intendencia entrevistadas, no hay elementos para confirmar si esto es así pero es una preocupación. Los valores y los movimientos inmobiliarios están condicionados por otros factores.

La intendencia realizó talleres con vecinos para discutir el tema de la instalación de parque eólicos. En los mismos surgen como preocupaciones más relevantes: los ruidos y el tema de las aves en el circuito de migración.

En los talleres antes señalados se analiza también los aspectos positivos de estas instalaciones, constatándose las siguientes opiniones: es una energía más limpia, todos estamos de acuerdo pero nadie quiere que le toque, es decir que lo que se puede objetar es el lugar pero no el emprendimiento mismo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto de construcción de un parque eólico, en general, no presenta elementos negativos respecto a problemas de impacto social en los vecinos de la zona, salvo en lo que refiere a la modificación del paisaje y a los ruidos. Estos elementos son identificados por la población como posibles afectaciones, pero eso no les genera una opinión negativa respecto a la iniciativa. Hay que tener en cuenta que los vecinos cercanos, que serían los más afectados, forman parte de la propuesta de implantación de este parque o tienen expectativa de integrarse en un segundo emprendimiento a instalarse en la zona.

Considero que es necesario establecer una buena comunicación con la población, tanto en la zona cercana como en Aiguá, desde el inicio de la construcción del Parque brindando información de “primera mano”, evitando así malos entendidos.

Las dificultades parecen concentrarse, fundamentalmente, en lo que respecta al observatorio astronómico en primer lugar y con las estancias turísticas de la zona que no parecen percibir un beneficio a su negocio con este emprendimiento.

Considero que el problema generado con el observatorio es relevante y significa un conflicto de intereses que hay que considerar. El mismo podría minimizarse si se considera la posibilidad de mantener la distancia (10 km) que plantea como requisito la responsable del observatorio.

La segunda posibilidad es el traslado del observatorio, lo cual significa diversas dificultades a resolver: elección del lugar adecuado, construcción de un nuevo observatorio y el traslado de los aparatos.

La tercera posibilidad es continuar con el emprendimiento y dejar que la justicia decida en este conflicto, ya que la encargada del observatorio plantea que se va a oponer denunciando la situación, lo cual, además hace que el proyecto quede en suspenso hasta que se resuelva el juicio.

FORMULARIO DE ENCUESTA (Parque Eólico del Este)

Encuestador		Fecha			
Nº de Formulario					

.Presentación:

La encuesta es de carácter anónimo y los datos serán utilizados con fines estadísticos.

EDAD	
GÉNERO	
Nacionalidad	
Es residente todo el año?	

Nivel educativo (más alto alcanzado)

Primaria	Ciclo básico	Secundaria completa	UTU	Nivel Terciario

Situación Laboral (ocupación el último mes)

Cobertura de Salud

Pública	
Privada	

Con respecto al parque Eólico

¿Sabía usted de la propuesta?	Si		No	
-------------------------------	----	--	----	--

¿Qué opinión tiene acerca de la misma?

¿Ha recibido información acerca de las actividades que se realizaran?	Si		No	
---	----	--	----	--

Como accedió a la información

Por la empresa		Vecinos	
Folletos		Internet	
Prensa		Otros	

¿Cree que afecta al medio ambiente?	Si	No
-------------------------------------	----	----

(SI)

En general cree que afecta	Positivamente	Negativamente
----------------------------	---------------	---------------

(SI) ¿En que aspectos en particular?

Medio	+	--	Mucho	Poco	Nada
Agua					
Aire					
Suelo					
Ruidos					
Paisaje					
Otros					

Impacto Social

Específicamente en lo social, usted cree que afectará la vida de la localidad:	Si	No
--	----	----

¿En que aspecto?

Más Trabajo	Mas inseguridad
Más movimiento y actividades	Aumento de conflictividad
Mejor relacionamiento	Mejor de infraestructura
Mas servicios	otros

¿La instalación de este parque eólico genera expectativas en la comunidad?	Si	No
--	----	----

(NO)¿Por qué no?

(SI) Cuales

Actividades sociales	Trabajo
Actividad económica	Especulación inmobiliaria
Otras	

¿En usted en particular produce expectativas?	Si	No
---	----	----

(SI) Cuales...

Actividades sociales	Trabajo
Actividad económica	Especulación inmobiliaria
Otras	

ANEXO IX – RESPUESTA A LOS ARGUMENTOS ESGRIMIDOS POR EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO Y GEOFÍSICO DE AIGUÁ (OAGA)



**Parque Eólico Carapé II
VENGANO S.A.**

Montevideo, 15 de enero de 2013

Arq. Jorge Rucks
Director Nacional de Medio Ambiente
Presente

De nuestra consideración:

Por la presente damos respuesta a lo solicitado en el Certificado de Clasificación de Proyecto de fecha 13 de agosto de 2012 expedido a Vengano S.A. donde se requería "... analizar la relación entre el proyecto y el medio ambiente estudiando con especial atención: efectos sobre el normal funcionamiento del Observatorio Astronómico y Geofísico de Aiguá" en relación a la nota presentada el 26 de julio de 2012 por Dra. Leda Sánchez Bettucci y el Dr. Gonzalo Tancredi en el expediente 2012/14000/08024, invocando la representación de:

- Laboratorio de Geofísica y Geotectónica de la **Facultad de Ciencias** de la Universidad de la República
- Observatorio Astronómico Los Molinos del **Ministerio de Educación y Cultura**
- Departamento de Astronomía de la **Facultad de Ciencias** de la Universidad de la República.

1. Representación del Proyecto del Observatorio Astronómico y Geofísico de AIGUA (OAGA)

En primer lugar, **no surge del expediente que se haya acreditado la representación** del Dr. Gonzalo Tancredi por el Observatorio Astronómico Los Molinos ni del Departamento de Astronomía de la Facultad de Ciencias.



**Parque Eólico Carapé II
VENGANO S.A.**

Tampoco se acreditó la representación de la Dra. Leda Sánchez por el Laboratorio de Geofísica y Geotectónica de la Facultad de Ciencias.

1. Respuesta a los argumentos esgrimidos por el OAGA

En relación a los argumentos expuestos por el OAGA y a efectos de demostrar el nulo perjuicio que ocasionaría al OAGA la instalación del Parque Eólico Carapé II, adjuntamos a la presente un informe elaborado por la empresa AWS Truepower, SLU en la cual se analizan cada una de las cuestiones planteadas por el OAGA (Anexo I). Dicho informe contiene tanto un análisis efectuado directamente por AWS Truepower, SLU así como un informe elaborado por el Observatorio del Ebro el cual fue coordinado y encargado por AWS Truepower, SLU.

El Observatorio del Ebro es un centro de investigación en geofísica, fundado en 1904 en Roquetes (Tarragona) ubicado a sólo 6 km de dos parques eólicos. Son expertos a nivel internacional en el estudio de la ionosfera, el geomagnetismo, la sismología y la relación entre el clima y la hidrología. También realizan tareas de observación relacionadas con la ionosfera, el geomagnetismo, la actividad solar, la sismología y la meteorología.

Cabe mencionar que AWS Truepower es una empresa independiente y cuyo website es: www.awstruepower.com.

Asimismo, adjuntamos Acta Notarial de Comprobación (Anexo II) de la cual surge un detalle del estado actual del Observatorio, su ubicación y la inexistencia de instrumentos o maquinaria instalados en dicho inmueble. Todo ello comprueba no solamente que **al día de la fecha y luego de más de 10 años desde el inicio del proyecto en el año 2002, el OAGA continúa sin funcionar**, sino que además no existe fecha cierta en cuanto a su inauguración pudiendo extenderse la misma por otro plazo prolongado.

Del Anexo II surge adicionalmente que el inmueble construido no se encuentra en el punto más alto del padrón sino que por el contrario, se encuentra a media ladera, no siendo ésta una situación óptima que no pudiera sustituirse por una mejor. Adicionalmente, encontramos varias edificaciones a una distancia muy cercana de la edificación construida por el OAGA. En tal sentido, todas **las condiciones que el**



**Parque Eólico Carapé II
VENGANO S.A.**

OAGA menciona como ideales para su instalación, no se encuentran presentes ya al día de la fecha, independientemente de la instalación del Parque Eólico. Como contrapartida, el Parque Eólico Carapé II sí se ha proyectado de manera tal que el Parque resulte lo más eficiente posible en consideración al mapa de vientos del país.

Por otra parte, el 22 de julio de 2002 la Intendencia Municipal de Maldonado y el Ministerio de Educación y Cultura (MEC) firmaron un convenio por el cual la Intendencia citada se obligó a colaborar con el MEC y con la Facultad de Ciencias en la instalación del observatorio astronómico en el padrón 3473 de la localidad de Aiguá y la Intendencia Departamental de Maldonado. **Tal como surge de la copia adjunta del expediente N° 2010-88-01-10066 (Anexo III), el convenio citado ha caducado.**

Asimismo, a través de la Resolución N° 5942/10 (Anexo IV) se autoriza a los representantes de la Intendencia a suscribir un convenio por el pazo de 10 años por el cual el Sr. Comas, propietario del inmueble N° 3473 se obligaría a librar al uso público dicho padrón, sin que ello perturbara la actividad particular de turismo rural del establecimiento.

Visto el tiempo transcurrido sin que el Sr. Comas haya concurrido a suscribir el convenio, el 10 de abril de 2012 la Asesoría Notarial del MEC le otorga un plazo de 10 días para presentarse y coordinar el otorgamiento del comodato dispuesto por la Resolución N 5942/10. **Sin perjuicio del tiempo transcurrido, dicho comodato aún no ha sido firmado por el Sr. Comas.**

Según surge de la Información de Situación Contributiva (Anexo V) y del certificado de información registral (Anexo VI), no existe atraso en el pago de los tributos correspondientes al padrón N° 3473 ni se encuentra gravado el mismo, lo cual refleja que el Sr. Comas no ha dejado de cumplir con sus obligaciones legales ni se encuentra abandonado el inmueble en cuestión.

De esta manera, vemos **que la falta de firma del comodato** por parte del propietario refleja no solamente la falta de interés por su parte sino también la inexistencia de un derecho del OAGA sobre dicho inmueble.



**Parque Eólico Carapé II
VENGANO S.A.**

Por todo lo expuesto concluimos en la **improcedencia de los argumentos expuestos por el OAGA** en las notas de referencia, resultando evidente y notorio que la instalación del Parque Eólico Carapé II de ninguna manera perjudica la instalación del mismo, ni mucho menos resultan incompatibles ambos proyectos. Nos reservamos el derecho de entablar las acciones que por derecho corresponda por las consecuencias que la demora pudiera representar contra las personas físicas y entidades presuntamente representadas por ellas.

En definitiva solicitamos se resuelva favorablemente y sin más trámite sobre la solicitud de Autorización Ambiental Previa.

Sin otro particular, saluda a usted atentamente,

Cr. Raúl Galante
Presidente

A LA ATENCIÓN DE
FINGANO S.A. – VENGANO S.A.

ESTIMACIÓN IMPACTO AMBIENTAL

Evaluación del Impacto Geomagnético, Sismológico, Astronómico y Meteorológico de la Instalación de los Parque Eólicos Carapé I y II, sobre el Proyecto de Instalación del Observatorio Astronómico y Geofísico de Aiguá (OAGA)

NOVIEMBRE 24, 2012

MALDONADO, URUGUAY

**CLASIFICACIÓN
CONFIDENCIAL**

AVISO LEGAL

La aceptación de este documento por el cliente se hace en base a que AWS Truepower no puede, de ninguna manera, ser considerado responsable de la aplicación o del uso hecho de los resultados y que tal responsabilidad es del cliente.

CLAVES PARA CLASIFICACIÓN DE DOCUMENTOS

ESTRICTAMENTE CONFIDENCIAL	Para destinatarios solamente
CONFIDENCIAL	Puede ser compartido dentro de la empresa del cliente
AWS TRUEPOWER SOLAMENTE	No puede ser distribuido fuera de AWS Truepower
A CRITERIO DEL CLIENTE	Distribución a criterio del cliente
PARA DIFUSIÓN PÚBLICA	Sin restricción

AUTORES DEL DOCUMENTO

AUTOR	COLABORADOR(ES)	REVISOR(ES)
Jorge Ochoa Ingeniero	Santi Vila Ingeniero Líder Abel Tortosa Líder de Equipo IS	José Vidal Director Asistente de WDS

ÍNDICE DE REVISIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
A	24/11/2012	Versión inicial

ÍNDICE

1. Objeto y Antecedentes	4
2. Presentación del Equipo Técnico-Científico	4
3. Conclusiones	5
a. Desde el punto de vista de la observación astronómica	5
b. Desde el punto de vista meteorológico	5
c. Desde el punto de vista geomagnético	6
d. Desde el punto de vista sismológico	7

1. OBJETO Y ANTECEDENTES

AWS Truepower, SLU, (en adelante AWST) ha sido contratado por FINGANO S.A. y VENGANO S.A. (el cliente) para emitir una valoración técnica sobre las alegaciones presentadas a DINAMA por el Laboratorio de Geofísica y Geotectónica de la Universidad de la República, referentes al informe del impacto ambiental de la instalación del proyecto eólico Carapé, ubicado en la provincia de Maldonado (Uruguay).

En las alegaciones presentadas se manifiesta la preocupación que supone la instalación de los Parques Eólicos Carapé I y II, cuyos aerogeneradores se ubicarían en una zona cercana al proyecto de instalación de un Observatorio Astronómico y Geofísico (por anagrama OAGA, y en adelante "Reclamante"). Los inconvenientes a los que hacen referencia las alegaciones se clasifican en cuatro hipotéticos aspectos: geomagnético, sismológico, astronómico y meteorológico.

El objeto de este documento es presentar a modo de resumen los principales aspectos analizados con respecto a dichas alegaciones y resume las conclusiones a las que se ha arribado por parte del equipo técnico-científico que por solicitud del cliente ha realizado los estudios de evaluación de dichas alegaciones. En este sentido, el documento incluye dos anexos A y B con información más detallada.

2. PRESENTACIÓN DEL EQUIPO TÉCNICO-CIENTÍFICO

AWST es uno de los líderes mundiales en consultoría de energías renovables dando servicios de evaluación y planificación a promotores de proyectos, compañías eléctricas, agencias gubernamentales e instituciones financieras. Dicha firma tiene una gran experiencia en aplicaciones energéticas solares y eólicas y da soporte en todo el ciclo de vida del proyecto. Esta empresa está reconocida por su experiencia en el diseño de proyectos, medidas de campo, modelización del recurso, asesoramiento tecnológico, evaluación de rendimiento y previsión de producción. Además de coordinar el presente documento ha analizado directamente los aspectos meteorológicos y astronómicos.

Igualmente, para dar respuesta experta a los posibles impactos geomagnéticos y sismológicos se ha contactado con el Observatorio del Ebro, una entidad experta y con amplia experiencia en la materia, además de aportar una visión específica para el caso en su condición de observatorio. El Observatorio del Ebro es un Instituto de Investigación fundado para estudiar las relaciones Sol-Tierra. Se trata de una asociación sin ánimo de lucro que está asociada con la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (CSIC) y mantienen una estrecha colaboración con el Instituto Nacional de Meteorología de España (INM). Las actividades de observación e investigación del Observatorio se estructuran en cuatro secciones: Geomagnetismo, Ionosfera, Sismología y Meteorología, Clima y Actividad Solar.

AWST considera que el dictamen del Observatorio del Ebro es especialmente relevante en este tipo de análisis pues, además de su experiencia en este tipo de análisis técnicos, su ubicación en Tortosa (España) es muy cercana a diferentes parques eólicos en explotación, sin que ello haya supuesto un inconveniente para su actividad como centro investigador.

3. CONCLUSIONES

A continuación se resumen las principales alegaciones presentadas por el Reclamante en cada uno de los aspectos mencionados, el análisis técnico y las principales conclusiones correspondientes. Cabe destacar que todos estos elementos se encuentran desarrollados de forma exhaustiva en los anexos del presente documento.

a. Desde el punto de vista de la observación astronómica

Alegaciones: desde el punto de vista del Reclamante, los parques eólicos presentarían elementos que impedirían la actividad normal del observatorio debido a:

- Presencia de potentes balizas intermitentes que serán detectadas en las imágenes del telescopio.
- Turbulencia atmosférica que deteriora la calidad del cielo.

Conclusiones: se concluye que el efecto de turbulencia añadida y el efecto potencial de contaminación lumínica generados por los parques eólicos Carapé I y II (en adelante “Los Parques”) sobre el proyecto del OAGA serán despreciables por las siguientes razones:

- Los niveles de turbulencia generados por los Parques en los alrededores del proyecto del OAGA se encontrarían en el rango de 0% hasta 0.4%, dentro de los 4 km a la redonda del mismo. Siendo su afectación despreciable.
- Contrastando visualmente la zona de mayor afectación de la turbulencia generada por los Parques, y el área circundante del proyecto del OAGA donde los ángulos de visión desde el mismo pueden ver afectadas las condiciones óptimas de observación astronómica, ambos fenómenos quedan ampliamente separados uno del otro.
- Aplicando la Ley de Walker, AWST considera que los Parques incrementarán la luminosidad del emplazamiento en un valor mínimo de 0.005% con respecto al observatorio, y en un 0.009% como valor máximo, siendo valores igualmente despreciables.

b. Desde el punto de vista meteorológico

Alegaciones: para el Reclamante, los parques eólicos presentarían elementos que impedirían la actividad normal del observatorio debido a la elevada turbulencia atmosférica y generación de un microclima.

Conclusiones: se concluye que el efecto de turbulencia añadida y afectación en un microclima serán completamente despreciables por las siguientes razones:

- Los Parques se proyectan instalar al sur-sureste (S-SSE) del proyecto del Reclamante, donde el viento predominante del viento en la zona sopla del noreste (NE).
- El proyecto del Reclamante se proyecta ubicar en el sector menos predominante del viento de la zona con respecto a los parques.
- Aunado a lo expuesto en el apartado anterior a. sobre la observación astronómica, AWST estima que el efecto de turbulencia añadida generada por los Parques, así como la posibilidad de generación de un microclima son despreciables y por tanto, no deben impactar en la calidad de las mediciones realizadas por una futura estación meteorológica instalada en el área del proyecto del OAGA.

c. Desde el punto de vista geomagnético

Alegaciones: para el Reclamante, los parques eólicos presentarían elementos que impedirían la actividad normal del observatorio basado en:

- Presencia de campos magnéticos generados por las bobinas, transformadores y las líneas de media y alta tensión que conectan entre generadores y con la red de UTE.
- Corrientes eléctricas inducidas en el suelo que perturban el buen funcionamiento de los equipos.

Conclusiones: desde el punto de vista de AWST y a partir de las estimaciones del Observatorio del Ebro estos efectos no resultan críticas para la actividad del futuro observatorio del Reclamante, en tanto la mayoría de valores afectados por los Parques están dentro de los estándares internacionales de precisión; igualmente destacar que las medidas que presenta el Reclamante como indicativas de ese hecho, presentan ciertas carencias técnicas que desde el punto de vista de la ortodoxia científica las invalidarían, invitando a su repetición:

- El campo magnético producido por los materiales de las torres de los aerogeneradores (31 turbinas eólicas sobre torres de acero, y asumiendo un peso aproximado de 300 toneladas por turbina) a una distancia media de 8 km se ha calculado del orden de 1 pT, por tanto mucho menor que las 0.1 nT especificadas por INTERMAGNET, estándar internacional asociado a la precisión mínima requerida para un observatorio geomagnético.
- Las líneas de alta tensión cercanas pueden originar ondas electromagnéticas que podrían interferir con los magnetómetros del observatorio. Para una línea de 500KV con una potencia de 500MW a una distancia de 10 km, y para una distancia entre fase y neutro de 10 m, generarían una señal alterna de unas pocas decenas de picotesla de amplitud, aunque por tener un periodo mucho inferior a 1 s se trataría de una señal perfectamente filtrable y que no debería afectar a la actividad habitual de un observatorio.
- Las líneas de alta tensión cercanas que UTE tiene en construcción, también pueden generar inducción de corrientes DC por actividad magnética natural por las líneas de alta tensión. Dada la latitud del observatorio en cuestión, se pueden esperar corrientes de hasta 10 A DC. Ello supondría del orden de unas 0.2 nT por fase a esa distancia de 10 km. Esta perturbación aparecería en momentos de gran actividad magnética natural y estaría en la banda superior del límite de los preceptos de INTERMAGNET.
- En las alegaciones, el Reclamante presentan los resultados de un estudio de campo en las inmediaciones del Parque Eólico de Caracoles, también en Uruguay. Para ello muestra una campaña de toma de medidas con un magnetómetro de precisión de protones, sin que de estos resultados se pueda deducir si efectivamente los generadores afectan negativamente a las medidas geomagnéticas hasta distancias de más de 6 km de las turbinas como se menciona en el informe. En primer lugar, porque el propio campo magnético es variable, y no se menciona durante cuánto tiempo se efectuaron las medidas en cada punto ni si los intervalos de medida se correspondieron con periodos de actividad geomagnética similares. Es evidente que hasta los 2 km aparecen medidas con una alta dispersión y que ésta disminuye a partir de esa distancia, pero también es evidente que el número de medidas efectuadas disminuye drásticamente. Es improbable que la magnitud de la dispersión en esos primeros 2 km sea debida a actividad geomagnética, a anomalías magnéticas de las rocas circundantes, o a otras perturbaciones antropogénicas.

d. Desde el punto de vista sismológico

Alegaciones: el Reclamante considera como principales efectos sísmicos que pueden afectar al correcto funcionamiento del potencial observatorio en operación los siguientes:

- Sísmicidad inducida generada por la rotación de las aspas lo que produce un ruido de fondo difícil de discernir respecto a la sísmicidad natural.
- Sísmicidad producida por la turbulencia atmosférica.

Conclusiones: desde el punto de vista de AWST y a partir de las estimaciones del Observatorio del Ebro, los datos aportados por el Reclamante no resultan válidos para poder estimar la invalidez de la correcta operación del futuro observatorio del Reclamante debido a los Parques. Independientemente de que el Observatorio del Ebro indica en su informe que los datos aportados por el Reclamante no son concluyentes, se enlistan todos los elementos que concluyen la compatibilidad de ambas instalaciones a partir de los siguientes elementos:

- En los estudios internacionales realizados sobre la naturaleza y alcance de la interferencia de turbinas eólicas sobre estaciones sísmicas que se tiene noticia hasta la fecha muestran distancias umbrales de afectación entre los 20 km y los 2 km a partir de sendos estudios realizados en Estados Unidos, Escocia, Alemania e Italia, siendo la distancia media de afectación más común de dichos estudios los 18-20 km, estando la media en 15 km.
- Las alegaciones se refieren a la distancia mínima que separa la instalación eólica del emplazamiento de la futura estación sísmica, que es de 5.6 km. Según los estudios realizados en otras zonas, este valor se halla dentro de los límites de afectación encontrados en USA, Escocia o Italia, aunque no de Alemania. La variabilidad de los resultados de estas medidas dependerá de las condiciones geológicas del emplazamiento; de si un parque eólico está o no en la misma formación geológica que la estación sísmica; de las características de la atenuación local de las ondas sísmicas en el área; de la capacidad (en MW) de la instalación eólica considerada o de otros factores, como la velocidad del viento.
- El punto 2 de las alegaciones aduce a la afectación por la “sísmicidad producida por la turbulencia atmosférica”. Realizando la corrección con respecto a que no se trata de sísmicidad inducida sino de ruido sísmico, esta afirmación no es correcta. Según los estudios realizados por Styles (2005) las vibraciones se transmiten principalmente en forma de ondas Rayleigh a través del suelo y no del aire.
- En cualquier caso, y ante la falta de elementos de peso por parte del Reclamante para poder evaluar esta afectación, se entiende que para poder concluir si existiría un nivel real de afectación de la instalación eólica sobre el proyecto de estación sísmica del Reclamante sería indispensable realizar un estudio de ruido sísmico en el emplazamiento que evaluara los niveles actuales de ruido, así como un estudio de caracterización de las vibraciones producidas por las turbinas proyectadas en una zona de características geológicas similares.

ANEXO A

EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE EL PROYECTO DE INSTALACIÓN DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO Y GEOFÍSICO DE AIGUÁ (OAGA)

A LA ATENCIÓN DE
FINGANO S.A. – VENGANO S.A.

ESTIMACIÓN IMPACTO ASTRONÓMICO Y METEOROLÓGICO

Evaluación del Impacto sobre el Proyecto de Instalación del
Observatorio Astronómico y Geofísico de Aiguá (OAGA)

OCTUBRE 16, 2012

PARA LOS PARQUES EÓLICOS CARAPÉ I Y II
MALDONADO, URUGUAY

**CLASIFICACIÓN
CONFIDENCIAL**

AVISO LEGAL

La aceptación de este documento por el cliente se hace en base a que AWS Truepower no puede, de ninguna manera, ser considerado responsable de la aplicación o del uso hecho de los resultados y que tal responsabilidad es del cliente.

CLAVES PARA CLASIFICACIÓN DE DOCUMENTOS

ESTRICTAMENTE CONFIDENCIAL	Para destinatarios solamente
CONFIDENCIAL	Puede ser compartido dentro de la empresa del cliente
AWS TRUEPOWER SOLAMENTE	No puede ser distribuido fuera de AWS Truepower
A CRITERIO DEL CLIENTE	Distribución a criterio del cliente
PARA DIFUSIÓN PÚBLICA	Sin restricción

AUTORES DEL DOCUMENTO

AUTOR	COLABORADOR(ES)	REVISOR(ES)
Jorge Ochoa Ingeniero	Santi Vila Ingeniero Líder Abel Tortosa Líder de Equipo IS	José Vidal Director Asistente de WDS

ÍNDICE DE REVISIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
A	17/10/2012	Versión inicial

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Descripción de la Zona	5
3. Efectos en la Observación Astronómica	6
a. Efectos de la turbulencia atmosférica en la calidad del cielo	6
b. Efecto de las balizas intermitentes instaladas en las turbinas	8
4. Efectos en la Meteorología	9

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los Parques Eólicos Carapé I-II y del Proyecto OAGA.....	10
Figura 2. Mapa de Intensidad de Turbulencia Añadida.....	11
Figura 3. Mapa de Ángulos de Visión entre el OAGA y el espacio de Afectación de la Turbulencia Añadida....	12
Figura 4. Mapa de Ángulos de Visión y de Turbulencia Añadida.....	13
Figura 5. Baliza LED Modelo FTB 360i	14

1. INTRODUCCIÓN

AWS Truepower, SLU, ha sido contratado por FINGANO S.A. y VENGANO S.A. (el cliente) para emitir una valoración técnica sobre las alegaciones presentadas a DINAMA por el Laboratorio de Geofísica y Geotectónica de la Universidad de la República, referentes al informe del impacto ambiental de la instalación de los parques eólicos de Carapé I y II, ubicados en la provincia de Maldonado (Uruguay) ¹.

En las alegaciones presentadas al cliente se emite la preocupación que supone la instalación de los parques eólicos de Carapé I y II, los cuales prevén instalar cierto número de aerogeneradores ubicados a una distancia no inferior a 5.6 km del proyecto de instalación de un Observatorio Astronómico y Geofísico (OAGA).

El proyecto del OAGA contempla instalar ciertos sensores e instrumentos de medición astronómica y meteorológica que pueden ser afectados por los efectos producidos por la instalación de los parques eólicos en cuestión. Cabe mencionar que el informe de impacto ambiental emitido por el OAGA, no proporciona información sobre las especificaciones de los instrumentos que contempla instalar en el observatorio.

Los inconvenientes a los que hacen referencia las alegaciones son los siguientes:

- Desde el punto de vista de la observación astronómica
 - Presencia de potentes balizas intermitentes que serán detectadas en las imágenes del telescopio.
 - Turbulencia atmosférica que deteriora la calidad del cielo
- Desde el punto de vista de Meteorológico
 - Turbulencia atmosférica y generación de un microclima.

Este documento presenta una pequeña descripción de la metodología y documentación utilizada para su desarrollo.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

La ubicación de los parques eólicos de Carapé I y II se localizan al sur de Uruguay, a unos 150 km al este-noreste de la ciudad de Montevideo, y a unos 50 km de la costa del océano Atlántico. La extensión de los parques es de aproximadamente 9 km (de norte a sur) por 5 km (de este a oeste), variando en su altitud entre 410 m y 480 m sobre el nivel del mar, en un relieve relativamente plano llegando a ser suavemente ondulado, con la presencia de colinas en las zonas más elevadas. La elevación media de los aerogeneradores es de aproximadamente 450 m, con un rango de elevaciones que varía en 70 m.

La zona del proyecto del OAGA se localiza al norte-noroeste (N-NNO) de la ubicación prevista para los parques eólicos Carapé I y II, a una distancia mínima del aerogenerador más cercano de 5.6 km aproximadamente. La zona del proyecto de observatorio ronda los 250 m de altitud sobre el nivel del mar, aproximadamente, en un relieve relativamente plano.

En la Figura 1 se puede observar la topografía de la zona de estudio, la ubicación del área de instalación de los parques eólicos Carapé I y II, así como el área del proyecto del Observatorio Astronómico y Geofísico.

¹ Sánchez L., Tancredi, G. "Informe del impacto de la instalación del Parque Eólico sobre el Observatorio Astronómico y Geofísico de Aiguá". OAGA, Maldonado-Uruguay.

3. EFECTOS EN LA OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA

a. Efectos de la turbulencia atmosférica en la calidad del cielo

La turbulencia atmosférica es un problema usual dentro de la observación astronómica, debido a que ésta genera variaciones de densidad que deforman el camino óptico recorrido por los rayos de luz de objetos exteriores a la atmósfera. Dicho efecto es un término utilizado en astronomía denominado *seeing*, el cual hace referencia al efecto distorsionador de la atmósfera sobre las imágenes de objetos astronómicos. El *seeing* se mide mediante la mejor resolución angular posible en unas condiciones dadas.

En el informe del impacto ambiental de la instalación de los parques eólicos de Carapé I y II mencionado anteriormente, se alega que la turbulencia atmosférica generada por las aspas de los aerogeneradores de los parques eólicos sería crítica para las observaciones astronómicas, ya que deterioraría notablemente la calidad de las imágenes, afectando las excelentes condiciones por las que se eligió el emplazamiento actual (dadas unas medidas de *seeing* de entre 1 y 2 segundos de arco).

En base a este planteamiento, AWS Truepower ha realizado una estimación de la turbulencia total generada en el sitio elegido para instalar el OAGA, provocada por el efecto de los aerogeneradores de los parques eólicos de Carapé I y II. Una vez obtenido el valor de la turbulencia total se ha diferenciado la turbulencia provocada exclusivamente por el efecto de estelas que provocan los aerogeneradores de la turbulencia ambiental presente en el emplazamiento.

La intensidad de turbulencia total es la turbulencia combinada entre la turbulencia presente en el ambiente y la turbulencia inducida por los efectos de estelas generadas por los aerogeneradores. El cálculo de la intensidad de turbulencia total se basa en los estándares de la norma IEC 61400-1².

La metodología utilizada para realizar esta estimación se encuentra detallada en el informe de estimación de producción energética de los parques eólicos de Carapé I y II³. Para realizar esta estimación AWS Truepower ha seguido el siguiente procedimiento:

1. Obtención de dos series diez-minutales de datos de viento, temperatura, presión e intensidad de turbulencia en dos posiciones de torres, ubicadas dentro de los parques eólicos de Carapé I y II, detalladas en el informe de estimación de producción energética antes mencionado.
2. Estimación del efecto de turbulencia total (TI_{total}) generado por los parques eólicos de Carapé I y II en la zona ubicada entre los aerogeneradores y el proyecto del OAGA.
3. Estimación del efecto de turbulencia ambiental (TI_{amb}), a partir de la extrapolación de los datos de intensidad de turbulencia de las dos torres de medición ubicadas dentro de la zona de los parques eólicos de Carapé I y II.
4. Cálculo de la intensidad de turbulencia añadida generada exclusivamente por el efecto de estelas de los aerogeneradores de los parques eólicos de Carapé I y II (IT_{wakes})⁴ y su distribución espacial en la zona ubicada entre los aerogeneradores y el proyecto del OAGA.

² International Standard IEC 61400-1. Third Edition 2005-08.

³ "Estimación de Producción Energética. Evaluación Independiente de Recurso Eólico y Energía para el Proyecto Eólico Carapé I y Carapé II (Maldonado, Uruguay)", AWS Truepower, Julio 2012.

⁴ $IT_{wakes} = TI_{total} - TI_{amb}$

Se ha modelizado la zona que abarca los aerogeneradores más cercanos al proyecto del OAGA y el área circundante de este último. Para el cálculo del campo de la intensidad de turbulencia se ha tomado en cuenta la totalidad de las turbinas de los parques eólicos de Carapé I y II.

En la Figura 2 se puede observar el campo de la intensidad de turbulencia emitida por los aerogeneradores de los parques eólicos de Carapé I y II. La zona de mayor afectación se encuentra alrededor de las turbinas, llegando hasta valores máximos de turbulencia de 14.6%, misma que va disminuyendo hasta valores de 1.3% llegando a extenderse hasta un máximo de 1.5 km a la redonda. Los niveles de turbulencia generados por los parques eólicos de Carapé I y II en los alrededores del proyecto del OAGA se estiman en el rango de 0% hasta 0.4%, llegando a abarcar hasta 4 km a la redonda del mismo.

Otro factor importante para valorar el impacto de los parques eólicos de Carapé I y II en las observaciones astronómicas es el espacio de afectación con respecto al ángulo de visión del proyecto del OAGA. Para esto se ha calculado un mapa de ángulos de visión, tomando como punto de referencia la posición del proyecto del observatorio y por otro lado, la altura de afectación de la turbulencia añadida generada por las turbinas en toda la zona ubicada entre los parques eólicos de Carapé I y II y el proyecto del OAGA. Para efectos del cálculo se ha tomado como altura de afectación en toda la zona la suma de los siguientes factores: altura del suelo sobre el nivel del mar, altura de buje de los aerogeneradores (84 m) y tres veces el largo de la pala del modelo de turbina (radio del rotor de 56 m).

Los efectos de turbulencia generados por las estelas de las turbinas en movimiento tienden a disminuir en zonas más altas de la punta de la pala. Aun así hemos asumido una postura conservadora al asumir que el efecto de turbulencia alcanza una elevación de tres veces el largo de las aspas sobre la altura de buje del aerogenerador. En la Figura 3 se muestra el mapa de ángulos de visión descrito.

Las condiciones óptimas de observación astronómica están dadas por la calidad y potencia de los telescopios utilizados. Los telescopios cuentan con un límite mínimo de ángulo entre el punto a observar y el horizonte. De acuerdo al Issac Newton Group of Telescopes⁵, modelos de telescopios potentes como el William Herschel Telescope (WHT) o el Isaac Newton Telescope (INT) tienen un límite mínimo de ángulo de 12° y 20° respectivamente.

Para efectos de contrastar visualmente la zona de mayor afectación de la turbulencia generada por los parques eólicos de Carapé I y II y el área alrededor del proyecto del OAGA se ha generado la Figura 4, donde los ángulos de visión del proyecto de observatorio pueden ver afectadas las condiciones óptimas de observación astronómica. En dicha imagen se pueden observar las zonas afectadas por las turbulencias generadas por los aerogeneradores estimadas en un valor mínimo de 0.4%. Asimismo, se puede observar el área alrededor del OAGA que genera un ángulo de visión sobre la altura máxima estimada de la turbulencia generada por los aerogeneradores que está por encima de los 10°.

Por todo lo anterior, AWS Truepower concluye que el efecto de turbulencia añadida generado por los parques eólicos Carapé I y II sobre el proyecto del OAGA será despreciable.

⁵ Issac Newton Group of Telescopes. Observatorio Roque de los Muchachos, La Palma, Tenerife.

b. Efecto de las balizas intermitentes instaladas en las turbinas

En el informe del impacto ambiental de la instalación de los parques eólicos de Carapé I y II, se alega que las balizas intermitentes instaladas a la altura de los rotores serían detectadas en las imágenes de telescopio y en las cámaras todo cielo, cuando éstas apunten en esa dirección.

AWS Truepower ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica sobre el tema. Cabe mencionar que existen pocos estudios realizados sobre afectación de luces de balizas de aerogeneradores sobre captación de imágenes por parte de observatorios astronómicos. A pesar de ello, se ha analizado el caso de Cherry Springs Dark Sky Park⁶ ubicado en el departamento de Pennsylvania en los Estados Unidos, con características muy similares y aplicables, ya que allí se planteaba la problemática de contaminación luminosa que producirían las balizas instaladas en el proyecto eólico de Potter County.

En base a esta alegación, Clanton & Associates emitió un estudio⁷ sobre el incremento esperado en la iluminación del cielo generado por las balizas (LED obstruction lights) de 42 turbinas instaladas a 22.5 km de distancia del campo astronómico. Dicho análisis se basa en la Ley de Walker, la cual estima un valor mínimo y un valor máximo del incremento de luminosidad del cielo, y se definen con las siguientes expresiones:

$$I_{\text{MINIMUM}} = C \times (\text{Site Lumens}/1000) \times r^{(-n)}$$

y

$$I_{\text{MAXIMUM}} = C \times (\text{Site Lumens}/500) \times r^{(-n)}$$

donde:

I = Porcentaje del incremento de luminosidad sobre el cielo nocturno por encima del fondo natural, a 45° hacia abajo desde el observador (enfocando directamente los objetos emisores de luz, por encima del observador es aproximadamente ¼ de este valor).

Site Lumens = La cantidad de lúmenes emitidos por las balizas.

r = Distancia en kilómetros, desde el observador hasta el emisor de la luz.

C = Constante de 0.000632 para distancias menores de 10 km.

n = Constante de 1.4281 para distancias menores de 10 km.

De acuerdo a la información facilitada por FINGANO S.A. los parques eólicos de Carapé I y II utilizarán un modelo de baliza FTB 360i (LED Integrated Controller L-864) de SPX Flash Technology⁸. Conforme a los requerimientos de las autoridades aéreas, las balizas deben ser colocadas en la parte superior de cada una de las torres de las turbinas.

En la Figura 5 se muestra la baliza modelo FTB 360i, la cual cuenta con una intensidad lumínica nominal de 2,000 candelas con unos ángulos de propagación entre 3° y 7° del haz vertical, y de 360° del horizontal. Tomando en cuenta la intensidad lumínica nominal y asumiendo un ángulo máximo del haz vertical, se ha

⁶ Stubbe, S., Honis, G. "Protecting the Night Sky Resource of Cherry Springs Dark Sky Park". Pennsylvania Outdoor Lighting Council. 2008.

⁷ "Cherry Springs State Park. Light Pollution Analysis and Recommendations". Clanton & Associates. May 2008.

⁸ <http://www.spx.com/en/flash-technology/pd-mp-ftb-360i-led-wind-turbine-lighting>

calculado que cada una de las balizas emitirá un flujo luminoso aproximado de 108 lúmenes alrededor de las mismas.

Aplicando la Ley de Walker se estima que los parques eólicos de Carapé I y II incrementarán la luminosidad del emplazamiento en un valor mínimo de 0.005% con respecto al observatorio, y en un 0.009% como valor máximo.

Aunando al análisis realizado en el punto a. sobre los ángulos de visión desde la posición del proyecto del OAGA, junto con el efecto potencial de contaminación lumínica calculado, AWS Truepower concluye que los efectos de las balizas sobre la observación astronómica serán despreciables.

4. EFECTOS EN LA METEOROLOGÍA

El principal factor que influye en la posible modificación de las condiciones climáticas de un lugar donde se encuentre un parque eólico es precisamente la turbulencia, ya que el flujo que ésta genera hace que exista una mayor circulación del aire en la zona de afectación, provocando posibles cambios térmicos por la circulación del aire vertical a distintas temperaturas.

Como se ha mencionado antes, se estima que el impacto de la turbulencia añadida generado por los parques eólicos de Carapé I y II sobre el área circundante del proyecto del OAGA es despreciable.

Por otra parte, en el informe del impacto ambiental de la instalación de los parques eólicos de Carapé I y II, se alega que según los estudios mencionados en las referencias del propio informe⁹, se generaría una modificación local del clima, que haría inútil las mediciones que se proyectan realizar con una estación meteorológica automática. Dicho estudio se basa en datos de dos estaciones meteorológicas colocadas dentro del parque eólico de San Gorgonio (California, EEUU), una instalada en la parte frontal del parque y de frente al viento predominante (O, ONO) y la segunda ubicada a unos 4 km al Este-Sureste, justo por detrás de los aerogeneradores. Asimismo, el parque eólico de San Gorgonio es un parque que al momento del estudio contaba con una capacidad instalada de 359 MW repartidos en 2,500 turbinas. El resultado final del estudio muestra una variación de poco más de 1°C en las mediciones del sitio.

Dadas las condiciones de los parques eólicos de Carapé I y II, donde se proyecta instalar 31 turbinas al Sur-Sureste del proyecto del OAGA con una direccionalidad predominante de vientos del Noreste (NE), y por otra parte las condiciones del parque eólico de San Gorgonio, con 2,500 turbinas con estaciones meteorológicas instaladas dentro del propio parque enfrentadas al viento predominante de Oeste (O), se manifiesta el evidente grado de afectación sobre el caso del parque eólico de San Gregorio y su minimización al compararlo con el caso de los parques eólicos de Carapé I y II.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, AWS Truepower considera que el efecto de turbulencia añadida por los parques eólicos de Carapé I y II, así como la posibilidad de generación de un microclima, son despreciables y por tanto, no deben impactar en la calidad de las mediciones realizadas por una futura estación meteorológica instalada en el área del proyecto del OAGA.

⁹ Baidya Roy S. & Pacala, S.W. (2004) Can large wind farms affect local meteorology?, Journal of Geophysical Research, VOL.109, D19101, doi:10.1029/2004JD004763

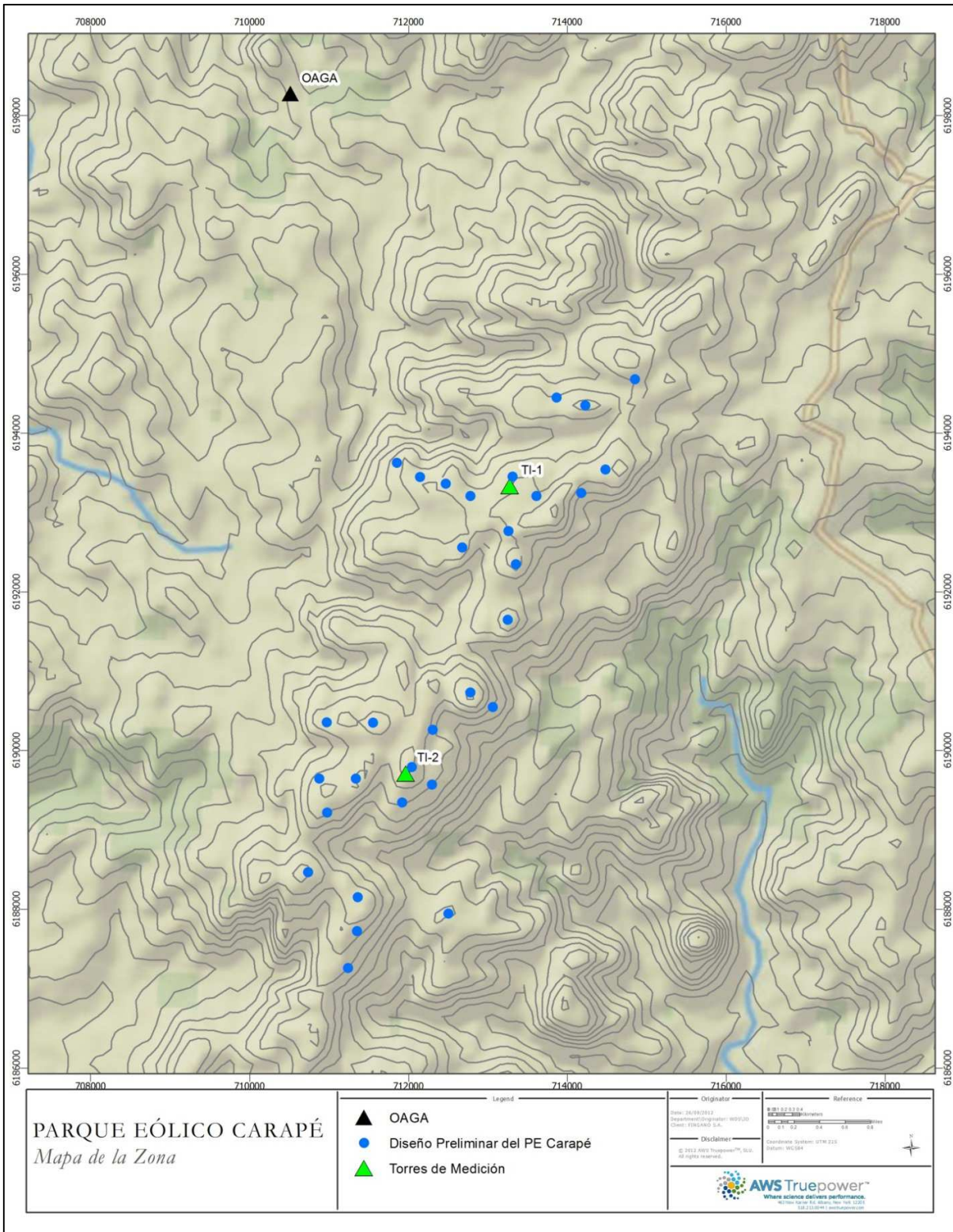


Figura 1. Ubicación de los Parques Eólicos Carapé I-II y del Proyecto OAGA

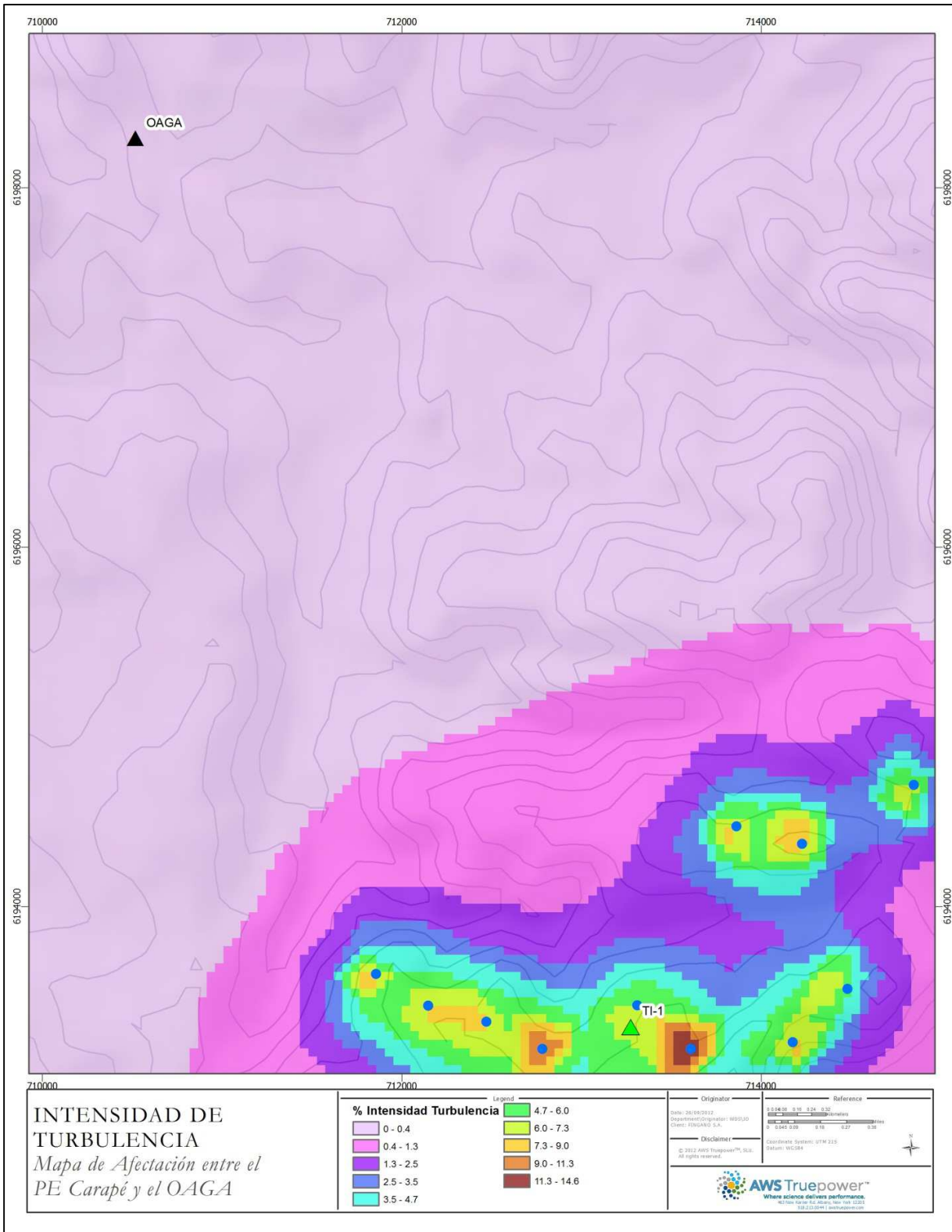


Figura 2. Mapa de Intensidad de Turbulencia Añadida

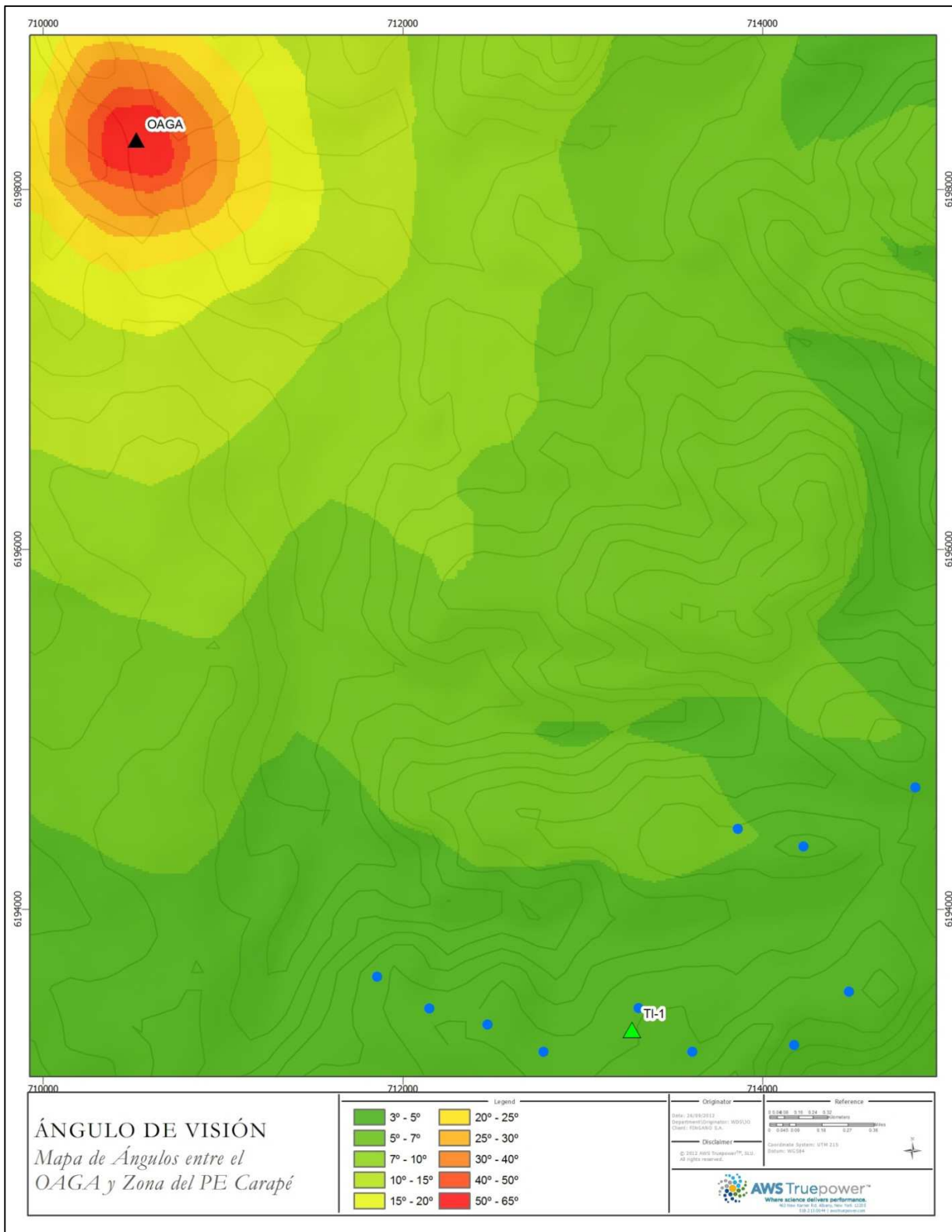


Figura 3. Mapa de Ángulos de Visión entre el OAGA y el espacio de Afecación de la Turbulencia Añadida

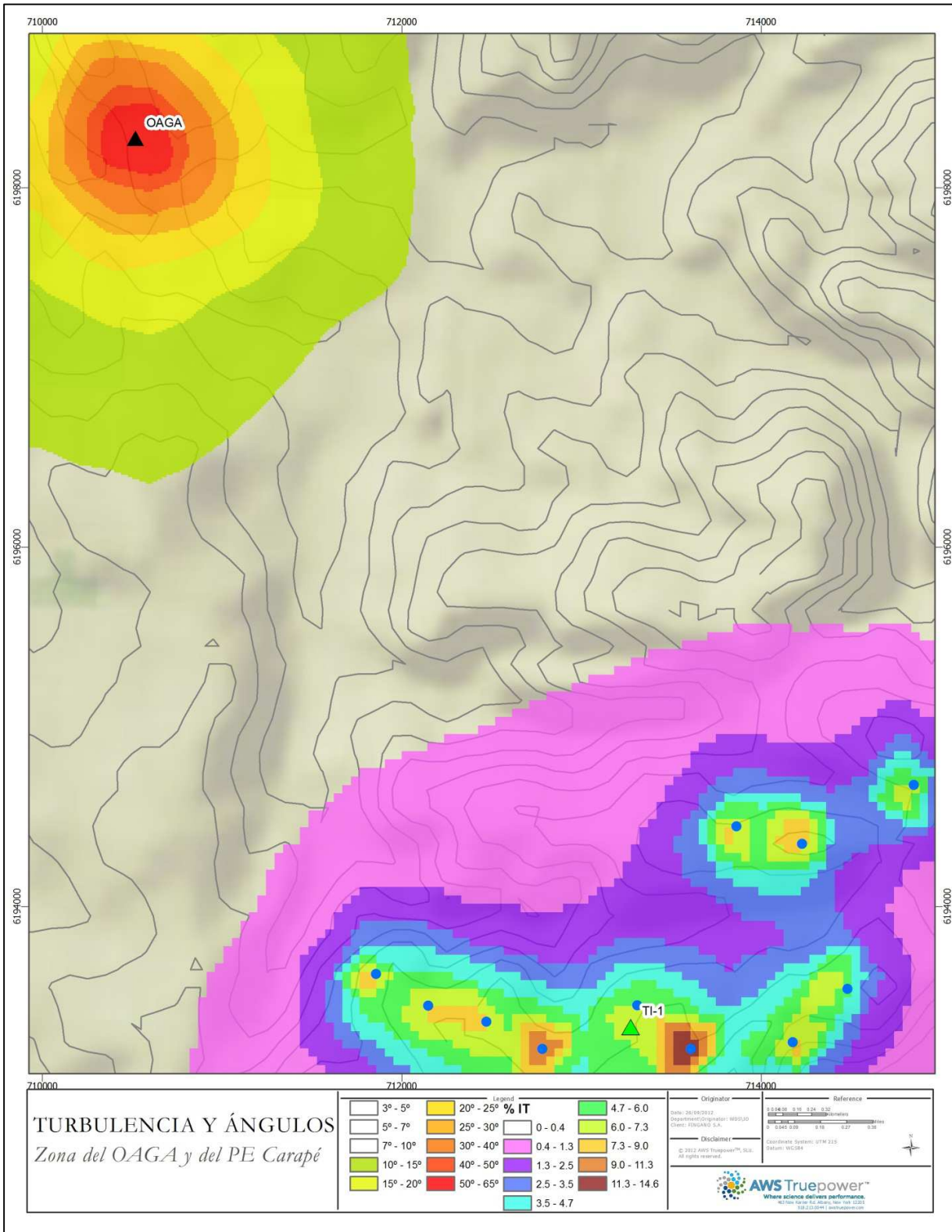


Figura 4. Mapa de Ángulos de Visión y de Turbulencia Añadida

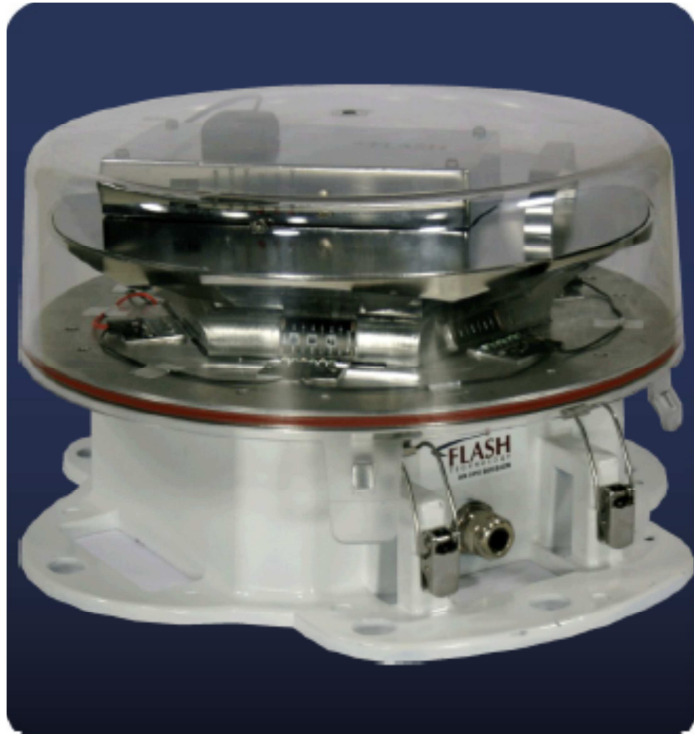


Figura 5. Baliza LED Modelo FTB 360i

ANEXO B

EVALUACIÓN DEL IMPACTO GEOMAGNÉTICO Y SISMOLÓGICO DE LA INSTALACIÓN DE UN PARQUE EÓLICO SOBRE EL OBSERVATORIO GEOFÍSICO DE AIGUÁ (URUGUAY)

Evaluación del impacto geomagnético y sismológico de la instalación de un parque eólico sobre el Observatorio geofísico de Aiguá (Uruguay)

Fdo.

Fdo.



Dr. Joan Miquel Torta Margalef
Profesor Titular de la Universitat Ramon Llull
Investigador del CSIC



Dra. Arantza Ugalde Aguirre
Profesor Titular de la Universitat Ramon Llull
Sismóloga del CSIC



Observatori
de
l'Ebre

Fecha: 6/10/2012

Resumen ejecutivo

El presente informe, elaborado por el Observatorio del Ebro para la empresa AWS Truepower, obedece a un encargo de dicha empresa ante la propuesta de instalación de un parque eólico en la zona de la sierra de Carapé (Maldonado, Uruguay) y la presentación de alegaciones por parte del Observatorio Astronómico y Geofísico de Aiguá.

Presentación del equipo de trabajo

El Observatorio del Ebro es un centro de investigación en geofísica, fundado en 1904 en Roquetes (Tarragona). Somos expertos a nivel internacional en el estudio de la ionosfera, el geomagnetismo, la sismología y la relación entre el clima y la hidrología. También realizamos tareas de observación relacionadas con la ionosfera, el geomagnetismo, la actividad solar, la sismología y la meteorología. La continuidad y la fidelidad de las observaciones durante más de cien años hacen que sus archivos de registros tengan hoy un valor incalculable. A modo de ejemplo, podemos mencionar que los archivos sísmicos y los ionosféricos son los más largos de España, y que los meteorológicos se extienden hasta 1880. En la actualidad el Observatorio del Ebro está gobernado por una Fundación sin ánimo de lucro. Es uno de los 135 Centros o Institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y pertenece también a la Universitat Ramon Llull (URL) como Instituto Universitario.

Análisis desde el punto de vista geomagnético

Alegaciones presentadas

Del análisis preliminar presentado por parte del Observatorio Astronómico y Geofísico de Aiguá (OAGA, Maldonado, Uruguay) ante la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) de Uruguay se considera que la instalación del Parque Eólico Carapé I y II puede presentar los siguientes inconvenientes para la operación de un observatorio geomagnético cuya instalación está prevista en el OAGA (OAGA, 2012):

1. Presencia de campos magnéticos generados por bobinas, transformadores y las líneas de media y alta tensión que conectan entre generadores y con la red UTE.
2. Corrientes eléctricas inducidas en el suelo que perturban el buen funcionamiento de los equipos.

Respuesta a las alegaciones

Consideraciones iniciales

Un observatorio geomagnético proporciona un registro continuo de las variaciones del campo magnético de la Tierra, y valores precisos de su dirección e intensidad en un emplazamiento fijo. En este sentido, están destinados a funcionar en el largo plazo. Por lo tanto, la elección del sitio para el observatorio es de la mayor importancia: los cambios en las propiedades magnéticas de los alrededores no son aceptables, pues es importante que el sitio sea magnéticamente representativo de su región, tanto para la variación secular del campo geomagnético como para las variaciones a corto plazo (Jankowski y Sucksdorff, 1996).

A pesar de que los observatorios geomagnéticos pretenden medir campos magnéticos naturales, muy a menudo sus registros están contaminados por campos "artificiales", principalmente causados por la acción del hombre y de su tecnología. Con el progresivo avance de la civilización, los observatorios han tenido que trasladarse a lugares remotos, en un éxodo que aún no ha terminado porque los nuevos asentamientos están teniendo lugar donde había una zona virgen. Las carreteras, pero sobre todo las líneas de ferrocarril electrificadas y las líneas de transporte de energía eléctrica son las principales fuentes de ruido (Curto et al., 2012).

La corriente eléctrica de 50 o 60 Hz en general no supone un problema, pues puede ser eficientemente filtrada para los datos geomagnéticos, donde la banda de interés está alrededor de 1 Hz. Además, en muchas instalaciones técnicas, la fase y el neutro suelen viajar en el mismo cable, de forma que gran parte de su campo magnético se cancela mutuamente. Sin embargo, una fuente de AC puede causar problemas en casos extremos, e.g. cuando es suficientemente fuerte para saturar los sensores tipo *fluxgate* (Reda et al., 2011).

Cabe mencionar también que largos tendidos de cable en el observatorio geomagnético son más susceptibles de captar el potencial ruido antrópico, ya sea el producido por el parque eólico y las líneas de alta tensión, o bien por emisores de radiofrecuencia, asentamientos urbanos, etc. Por ello se recomienda situar buenas tomas de tierra y apantallar dichos cables en la medida de lo posible.

En el caso de existir centrales generadoras de corriente eléctrica AC en la vecindad del observatorio, éstas pueden perturbar las corrientes telúricas porque las corrientes de fuga entre

varias tomas de tierra son parcialmente rectificadas en la tierra (Wienert, 1970), dando lugar a una componente DC que contaminaría el campo magnético natural.

INTERMAGNET es la red global de observatorios geomagnéticos que establece los estándares que deben cumplir las entidades que desean formar parte de dicha red en cuanto a calidad de datos y práctica instrumental. Dada la escasez de observatorios geomagnéticos en el cono sur y las particularidades del campo magnético en la zona de interés (con un mínimo a escala global), es muy probable que el observatorio de Aiguá tenga aspiraciones de pertenecer a esta red.

Los requisitos en cuanto a ruido magnético que esta entidad está barajando actualmente a nivel de datos segundo son los siguientes:

- Resolución de datos: 1 pT (1 picotesla = 10^{-12} T).
- Paso de banda de DC a 8 mHz: nivel de ruido no superior a 0.1 nT (1 nanotesla = 10^{-9} T).
- Paso de banda de 8 mHz a 0.2 Hz: nivel de ruido no superior a $10 \text{ pT/Hz}^{1/2}$ a 0.1 Hz.

Consideraciones específicas sobre el Parque Eólico Carapé I y II

Hemos efectuado una estimación teórica de orden de magnitud de las perturbaciones producidas por el parque eólico:

- El campo magnético producido por los materiales de las torres de los aerogeneradores (31 aerogeneradores con torres de acero y asumiendo un peso de 300 toneladas por aerogenerador) a una distancia media de 8 km se ha calculado del orden de 1 pT, por tanto mucho menor que las 0.1 nT especificadas por INTERMAGNET. Aquí habría que añadir el efecto magnético del bobinado donde se induce la corriente dentro del generador, así como el efecto de los 31 imanes permanentes de los generadores AC, que dependerá de las características de dichos imanes: valor de su momento dipolar magnético total, si se encuentran estáticos o son rotatorios, etc.
- En caso de existir tramos de corriente DC, podrían provocar grandes perturbaciones a varios kilómetros, siempre en función de la distancia entre el positivo y el negativo.
- Los efectos de las posibles corrientes telúricas introducidas por el parque (así como por las subestaciones de transformación) son impredecibles, ya que pueden extenderse hasta la zona del observatorio geomagnético en función de la distribución de conductividades del terreno, del número de tomas de tierra existentes, de la intensidad que circula por cada una de ellas, etc. Su evaluación requeriría medidas in situ en instalaciones similares.

Las líneas de alta tensión cercanas pueden originar otros tipos de influencias:

- Ondas electromagnéticas que pueden interferir con los magnetómetros del observatorio. Para una línea de 500KV con una potencia de 500MW a una distancia de 10 km, y para una distancia entre fase y neutro de 10 m, generarían una señal alterna de unas pocas decenas de picotesla de amplitud, aunque por tener un periodo mucho inferior a 1 s se trataría de una señal perfectamente filtrable.
- Inducción de corrientes DC por actividad magnética natural por las líneas de alta tensión. Dada la latitud del observatorio en cuestión, se pueden esperar corrientes de hasta 10 A DC (Jankowski y Sucksdorff, 1996), aunque ello depende en gran medida de otros parámetros como la conductividad del terreno, la longitud de las líneas, su orientación con respecto a las variaciones magnéticas, etc. (Torta et al., 2012). Ello supondría del orden de unas 0.2 nT por fase a esa distancia de 10 km. Esta perturbación aparecería en momentos de gran actividad magnética natural y estaría en el límite o algo por encima de los preceptos de INTERMAGNET. La línea eléctrica que une el parque eólico con la línea de alta tensión debe circular a una distancia mínima del observatorio de 5.6 km, con lo que el valor anterior puede aún verse incrementado.

Sobre el informe de Sánchez Bettucci & Tancredi

En el informe de Sánchez Bettucci & Tancredi se presentan los resultados de un estudio de campo en las inmediaciones del Parque Eólico de Caracoles, mediante la toma de medidas con un magnetómetro de precesión de protones. Sus conclusiones se basan en la interpretación de los resultados presentados en sendas figuras con las medidas de intensidad de campo en función de la distancia a la línea de los generadores y de su desviación estándar, respectivamente.

A nuestro entender, de esos resultados no se puede deducir si efectivamente los generadores afectan negativamente a las medidas geomagnéticas hasta distancias de más de 6 km de los generadores como se menciona en el informe. En primer lugar porque el propio campo magnético es variable, y no se menciona durante cuánto tiempo se efectuaron las medidas en cada punto ni si los intervalos de medida se correspondieron con periodos de actividad geomagnética similares. Es evidente que hasta los 2 km aparecen medidas con una alta dispersión y que ésta disminuye a partir de esa distancia, pero también es evidente que el número de medidas efectuadas disminuye drásticamente. Es improbable que la magnitud de la dispersión en esos primeros 2 km sea debida a actividad geomagnética, a anomalías magnéticas de las rocas circundantes, o a otras perturbaciones antropogénicas, pero no puede descartarse ninguno de esos efectos con variaciones de ± 50 nT.

Para poder concluir cuál sería el nivel real de afectación de la instalación eólica sobre el observatorio geomagnético del OAGA deberían efectuarse medidas diferenciales, es decir analizando las diferencias de las medidas en una zona susceptible de perturbación con respecto a otra supuestamente "limpia", de manera que se asegurase en la medida de lo posible que las diferencias únicamente son debidas a la perturbación objeto de análisis. Si esas medias se efectuasen durante un periodo suficientemente largo de tiempo, los resultados podrían correlacionarse con periodos de generación o no generación de energía eólica. Podrían efectuarse además de con magnetómetros de protones, con sensores tipo *fluxgate*, que en general presentan mayor sensibilidad al campo magnético.

Análisis desde el punto de vista sismológico

Alegaciones presentadas

En la documentación presentada ante la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) de Uruguay por parte del Observatorio Astronómico y Geofísico de Aiguá (OAGA, Maldonado, Uruguay) se manifiesta una incompatibilidad entre la instalación del Parque Eólico Carapé I y II y la operación de la estación sísmica permanente cuya instalación está prevista en el OAGA (OAGA, 2012). Las razones aducidas desde el punto de vista sismológico son:

1. Sismicidad inducida generada por la rotación de las aspas lo que produce un ruido de fondo difícil de discernir respecto a la sismicidad natural.
2. Sismicidad producida por la turbulencia atmosférica.

Respuesta a las alegaciones

Consideraciones iniciales

La capacidad de cualquier red sísmica para detectar eventos naturales o artificiales depende en gran parte de la elección del sitio. Independientemente de lo avanzado del equipamiento tecnológico, si el ruido sísmico en el emplazamiento es alto, esto repercutirá en una pobre detectabilidad de la red. Algunos aspectos que condicionan la calidad de un emplazamiento para la instalación de una estación sísmica son las condiciones topográficas, geológicas y climáticas así como las fuentes de ruido sísmico presentes en la región. Para evaluar las fuentes de ruido naturales o artificiales que puedan contaminar las señales sísmicas registradas es necesario realizar medidas de ruido en el emplazamiento. Para señales sísmicas por encima de 0.1 Hz existen unos estándares de distancia mínima recomendada entre el sitio y diferentes tipos de fuentes de ruido (Bormann, 2012), como carreteras, industrias, ríos caudalosos, etc. Sin embargo, la medida in situ del ruido sísmico es una tarea de obligado cumplimiento, pues este varía en función de la hora del día, la estación del año, las condiciones meteorológicas, etc.

La calidad de una estación sísmica se representa mediante curvas de Densidad de Potencia Espectral (PSD, *Power Spectral Density*) que se comparan con unos estándares de ruido alto y bajo (Peterson, 1993). Las estaciones sísmicas pueden ser poco o muy ruidosas dependiendo de la banda frecuencial analizada, pues las fuentes de ruido actúan en diferentes frecuencias dependiendo de su origen. En este sentido, la calidad de las estaciones sísmicas permanentes existentes en el mundo, aún estando sus niveles de ruido entre los límites de los estándares de ruido de Peterson, puede variar notablemente (Ugalde, 2003). Sin embargo, en este aspecto, cabe notar que la estación sísmica propuesta en la región de Maldonado es singular, pues la República Oriental de Uruguay no cuenta en la actualidad con un observatorio sismológico permanente (OAGA, 2012). Por tanto, el asegurar la calidad de los registros sísmicos registrados puede cobrar mayor importancia en este caso.

Ruido sísmico generado por parques eólicos

Los trabajos realizados sobre la naturaleza y alcance de la interferencia de turbinas eólicas sobre estaciones sísmicas coinciden en demostrar que existen vibraciones armónicas significativas de las torres que se propagan a través de su acoplamiento al suelo y que pueden ser detectadas por sismómetros situados a decenas de kilómetros de distancia. Estas vibraciones presentan un espectro de frecuencias complejo, que puede presentar picos relacionados directamente con la frecuencia de rotación de las aspas o bien picos estacionarios relacionados con los modos de

vibración de la torre. Estas perturbaciones se transmiten a través del suelo o a través del aire y, aunque débiles, pueden ser relevantes con respecto a los niveles locales de ruido sísmico (Saccorotti, 2011). Las distancias de afectación encontradas en los estudios realizados de los que se tiene noticia hasta la fecha son:

- Washington, Oregon, USA (Stateline wind project) – 18 km (Schofield, 2001)
- Escocia (Eskdalemuir array) – 20 km (Styles, 2005)
- Alemania (GEO600 interferometric antenna) – 2 km (Fiori et al., 2009)
- Italia (Virgo gravitational wave Observatory) – 11 km (Saccorotti et al., 2011)

La variabilidad de los resultados de estas medidas depende de las condiciones geológicas del emplazamiento; si el parque eólico está o no en la misma formación geológica que la estación sísmica; de las características de la atenuación local de las ondas sísmicas en el área; de la capacidad (en MW) de la instalación eólica considerada y de otros factores, como la velocidad del viento.

Otra fuente ruido puede ser también, a altas frecuencias, la presencia de estaciones eléctricas transformadoras.

Consideraciones específicas sobre el Parque Eólico Carapé I y II

Con respecto a las alegaciones presentadas, el punto 1 indica que la “*sismicidad inducida generada por la rotación de las aspas produce un ruido de fondo difícil de discernir respecto a la sismicidad natural*”. Realizando la corrección de que la rotación de las aspas no genera sismicidad inducida, sino señales transitorias o estacionarias que entrarían dentro de la definición de ruido sísmico artificial, es correcto que este efecto existe, que puede detectarse en estaciones sísmicas localizadas a varias decenas de kilómetros de distancia de la instalación eólica y que puede afectar la calidad y la detectabilidad de la estación sísmica planificada en el OAGA.

El punto 2 de las alegaciones aduce también afectación por la “*sismicidad producida por la turbulencia atmosférica*”. Realizando de nuevo la corrección con respecto a que no se trata de sismicidad inducida sino de ruido sísmico, esta afirmación no es correcta. Según los estudios realizados por Styles (2005) las vibraciones se transmiten principalmente en forma de ondas Rayleigh a través del suelo y no del aire.

Las alegaciones se refieren a la distancia mínima que separa la instalación eólica del emplazamiento de la futura estación sísmica, que es de 5.6 km. Según los estudios realizados en otras zonas, este valor se halla dentro de los límites de afectación encontrados en USA, Escocia o Italia, aunque no de Alemania, según el apartado anterior.

Para poder concluir cuál sería el nivel real de afectación de la instalación eólica sobre la estación sísmica del OAGA sería indispensable realizar un estudio de ruido sísmico en el emplazamiento que evaluara los niveles actuales de ruido, así como un estudio de caracterización de las vibraciones producidas por las turbinas proyectadas en una zona de características geológicas similares. De esta manera se podría definir el radio de una zona de exclusión y/o sugerir sistemas de atenuación de las vibraciones en la construcción de las instalaciones.

Referencias

- Bormann, P. (Ed.) (2012). New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-2), IASPEI, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam; <http://nmsop.gfz-potsdam.de> (Último acceso: 2/10/2012).
- Curto, J.J., S. Marsal, J.M. Torta, M. Catalán, P. Covisa (2012). Antropogenic noise in Spanish observatories, *Proc. XVth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory, Instruments, Data Acquisition and Processing at San Fernando (Cádiz-Spain)*. (submitted).
- Fiori, I., L. Giordano, S. Hild, G. Losurdo, E. Marchetti, G. Mayer, and F. Paoletti (2009). A study of the seismic disturbance produced by the wind park near the gravitational wave detector GEO-600, *Proc. 3rd Int. Meeting on Wind Turbine Noise*, Aalborg, Denmark, 17–19 June 2009.
- Jankowski, J. and Sucksdorff, C. (1996). *Guide for magnetic measurements and observatory practice*. IAGA. Boulder, Colorado.
- OAGA (2012). <http://geotectonica.fcien.edu.uy/oaga/geofisica/sismologia.html>. (Último acceso: 2/10/2012).
- Peterson, J. (1993). Observations and modeling of seismic background noise. *U.S. Geol. Survey Open-File Report 93-322*, 95 pp.
- Reda, J., Fouassier, D., Isac, A., Linthe, H-J., Matzka, J., & Turbitt, C. W. (2011). Improvements in geomagnetic observatory data quality. In: *Geomagnetic Observations and Models*. (pp. 127-148). Springer Science+Business Media B.V. (IAGA Special Sopron Book Series).
- Saccorotti, G., Piccinini, D., Cauchie, L and Fiori, I. (2011). Seismic Noise by Wind Farms: A Case Study from the Virgo Gravitational Wave Observatory, Italy. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 101, No. 2, pp. 568–578, April 2011, doi: 10.1785/0120100203.
- Schofield, R. (2001). Seismic Measurements at the Stateline Wind Project, Rept. no. LIGO T020104-00-Z, Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory, 28 pp., available at <http://www.ligo.caltech.edu/docs/T/T020104-00.pdf> (Último acceso: 2/10/2012).
- Styles, P. (2005). A detailed study of the propagation and modelling of the effects of low frequency seismic vibration and infrasound from wind turbines, *Proc. 1st Int. Meeting on Wind Turbine Noise*, Berlin, Germany, 17–18 October 2005.
- Torta, J M., L. Serrano, J.R. Regué, A.M. Sánchez, and E. Roldán, (2012). Geomagnetically induced currents in a power grid of northeastern Spain, *Space Weather*, 10, S06002, doi:10.1029/2012SW000793.
- Ugalde, A. (2003). The Ebre Observatory seismological station: past and present instrumentation and noise conditions. *Annals of Geophysics*, 46(4). doi:10.4401/ag-4376
- Wienert, K.A. (1970). *Notes on geomagnetic observatory and survey practice*, Ed. UNESCO, Brussels.

ANEXO II
ACTA NOTARIAL DE COMPROBACIÓN



PAPEL NOTARIAL DE ACTUACIÓN



Ep N° 352952



ESC. MARIA SIENRA REYES - 08258/5

PAPEL NOTARIAL DE ACTUACIÓN



Ep N° 538159



ESC. DANIELA MARIA LOPEZ ANDRETTI - 12797/6



Foto 1

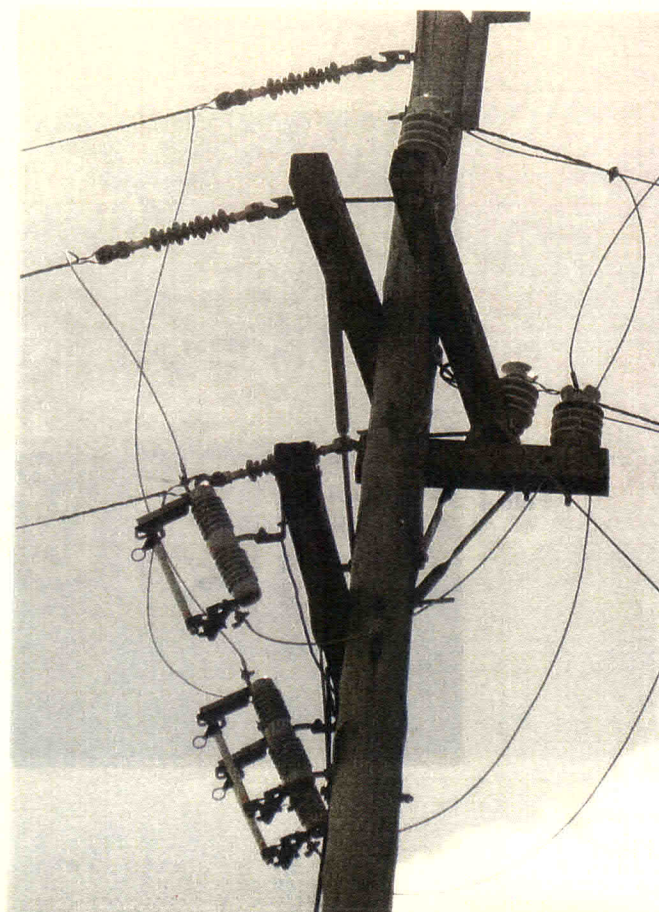


Foto 2



Foto 3



Foto 4

PAPEL NOTARIAL DE ACTUACIÓN

Ep N° 352953



ESC. MARIA SIENRA REYES - 08258/5

PAPEL NOTARIAL DE ACTUACIÓN

Ep N° 538160



ESC. DANIELA MARIA LOPEZ ANDRETTI - 12797/6



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8



PAPEL NOTARIAL DE ACTUACIÓN

Ep N° 352954



ESC. MARIA SIENRA REYES - 08258/5



PAPEL NOTARIAL DE ACTUACIÓN

Ep N° 538161



ESC. DANIELA MARIA LOPEZ ANDRETTI - 127976

Foto 9

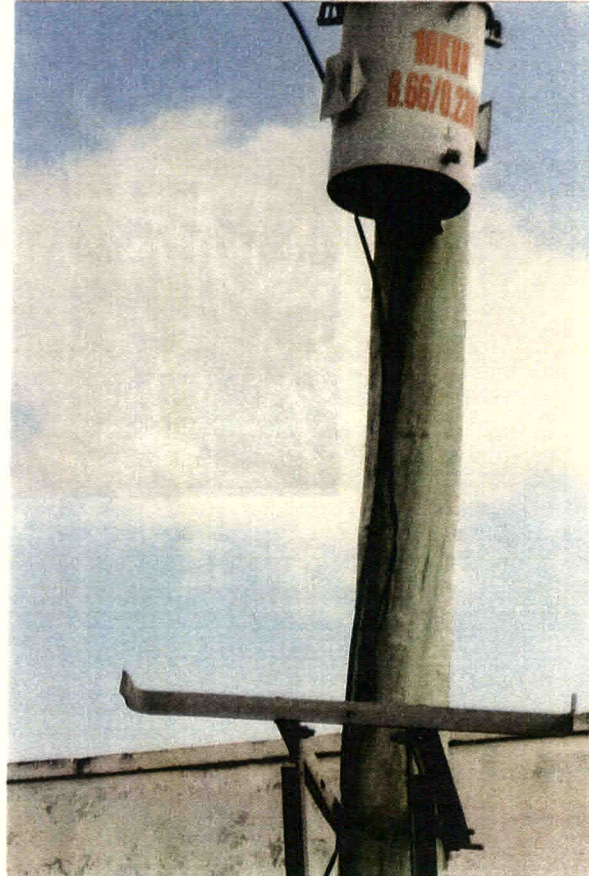


Foto 10

