

UTILIZACIÓN DE UN SIG Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS VISUAL PARA LA DETERMINACIÓN DEL POSIBLE IMPACTO AMBIENTAL DEBIDO A LA IMPLANTACIÓN DE UN PARQUE EÓLICO EN LA ‘SERRA DE L’AULEDA’, (LA JONQUERA, GIRONA)

Ll. Vicens Franquesa¹ y F. Orduña Aznar¹

(1) Servicio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección (SIGTE), Facultat de Lletres, Universitat de Girona, Plaça Ferrater Mora, 1, 17071 Girona

RESUMEN

El proyecto nace de la necesidad de evaluar el impacto visual que puede conllevar la implantación de un parque eólico de doce aerogeneradores en la ‘Serra de l’Auleda’ de La Jonquera, población fronteriza del norte de la provincia de Girona.

A partir de un modelo tridimensional del territorio se procedió a evaluar, mediante la realización de diferentes cuencas visuales, el impacto visual que tendría la presencia de los aerogeneradores en lo alto de la sierra. Los análisis de visibilidad se realizaron en dos direcciones principales, determinando y delimitando la superficie de territorio que se podría divisar desde cada uno de los aerogeneradores, así como la determinación del número de aerogeneradores que se podrían visualizar desde cada una de las poblaciones existentes en un radio de quince kilómetros –teniendo sólo en cuenta, dentro de este radio de influencia, la porción de territorio perteneciente a la provincia de Girona–. Otro tipo de análisis contemplado en el seno del trabajo fue el cálculo de visibilidad que comportaría el parque eólico desde el trazado de la autopista (AP-7), así como se determinaron líneas de visibilidad desde ciertos emplazamientos con puntos de interés de carácter patrimonial, natural, arqueológico...

Los resultados finales obtenidos en las diferentes cuencas de análisis visual se superpusieron –overlay– con el fin de generar una nueva capa de información, fruto de los diferentes análisis efectuados y que ejercía la función de capa resumen de las áreas que deberían soportar un mayor impacto visual a causa de la implantación del parque eólico.

Cabe destacar, una vez finalizado el proyecto, que no se han tenido en cuenta, debido a las limitaciones de las herramientas utilizadas, los aspectos climáticos que pueden desvirtuar en algunas condiciones climáticas concretas, los resultados emitidos y que se desprenden del proyecto, como puede ser por ejemplo, la presencia de nieblas, nubes bajas que cubran las partes culminantes de la sierra, o períodos de lluvias torrenciales. En el presente estudio tampoco se tuvieron en cuenta, ciertos obstáculos naturales (altura de la vegetación) así como ciertos obstáculos antrópicos (altura de las construcciones).

El resultado final del análisis se completó con la modelación en tres dimensiones del área de estudio, realizando diferentes vuelos virtuales y dinámicos por la zona afectada por la implantación del parque eólico.

Palabras Clave: *Serra de l’Auleda, SIG, Evaluación de Impacto Ambiental, parque eólico, aerogeneradores, cuencas visuales, líneas de visión, vuelos virtuales.*

ABSTRACT

This project born from the need to evaluate the visual impact that the construction of a wind park can suppose. This park will be build in a mountain know as Serra de l’Auleda, in La Jonquera (Spain). This city is located at hne north of Spain near the French boundary.

Based on a Digital Elevation Model of the area, there were evaluated within different viewsheds and lines of sight with the purpose for evaluate the visual impact that can suppose the existence of twelve wind generators over the mountains top.

Keywords: *Serra de l’Auleda, GIS, Ambiental Impact Evaluation, Wind Park, Wind generator, Viewshed, lines of sight, virtual flights.*

ASPECTOS PRELIMINARES DEL PROYECTO

El proyecto que se presenta en el marco del XI Congreso MCSIGT de Murcia, tiene por objeto presentar los resultados que se desprenden del informe sobre el impacto visual debido a la futura implantación de un parque eólico de doce aerogeneradores en lo alto de la Serra de l'Auleda –que oscila entre los 620 y 778 metros de altitud respecto al nivel del mar– dentro del término municipal de La Jonquera, al norte de la provincia de Girona. Dicha evaluación de impacto visual se realizó por voluntad expresa del ayuntamiento de La Jonquera (Girona) y de la empresa concesionaria del parque eólico(Energia i Vent S.A.).

Para tal fin, evaluar y analizar dicho impacto, se utilizó un Sistema de Información Geográfica y un conjunto herramientas propias de los análisis espaciales clásicos en un SIG, entre los cuales caben destacar, las cuencas visuales y las líneas de visión entre dos objetos determinados. Para el desarrollo del proyecto se utilizó el software *ArcView 8.2* y *3.2* con las extensiones *Spatial Analyst* y *3D Analyst* así como el software *Arc/Info 8.0.2* (Environmental Systems Research Institute).

A lo largo de esta comunicación se irán desglosando todos los pormenores del análisis efectuado pero, previo a todo ello, deberíamos destacar algunos aspectos que a la postre resultarían de gran validez e interés para contextualizar los resultados finales obtenidos.

En primer lugar, debe apuntarse que, para la delimitación del área de estudio, se tuvo en cuenta todo el espacio o territorio contenido en un radio de 15 kilómetros tomando como punto de origen, la ubicación del parque eólico. Este ámbito territorial o alcance máximo de el área de estudio, fue determinada por parte de la empresa propietaria del parque eólico al considerar que, el impacto visual sobre el espacio que quedaba fuera de este ámbito territorial definido, sería mínimo. Este radio de 15 kilómetros desde el parque eólico, además, se subdividió en rangos de 5 kilómetros de radio, y se analizó y evaluó el impacto para cada una de las tres zonas: para una distancia de hasta 5 kilómetros, 10 kilómetros y 15 kilómetros. La delimitación de estas tres zonas responde estrictamente a criterios de impacto visual, considerándose el primer radio como de incidencia visual alta, el segundo de incidencia media y el tercero de incidencia baja.



Figura 1. Mapa de situación

De este modo, dicho proyecto de evaluación de impacto visual, se realizó para los municipios de Agullana, Biure, Boadella d'Empordà, Cabanes, Cantallops, Campmany, Darnius, Espolla, Garriguella, La Jonquera, La Vajol, Llers, Maçanet de Cabrenys, Masarac, Mollet de Peralada, Peralada, Pont de Molins, Rabós, Sant Climent Sescebes,

Sant Llorenç de la Muga, Terrades y Vilamaniscle. Todos estos municipios pertenecen a la comarca de l'Alt Empordà (Girona). Debido a la implantación del parque eólico en territorio Español, se desestimaron aquellos municipios o territorio que, aún estando contenidos dentro de un rango de 15 kilómetros a partir del parque eólico, administrativamente, pertenecían al Estado Francés.

En segundo lugar, cabe destacar que, para la realización del análisis visual no se han tenido en consideración determinados obstáculos visuales (vegetación, infraestructuras de carácter antrópico), ni tampoco factores climáticos externos que pueden tener lugar y, en consecuencia, desvirtuar relativamente algunos de los resultados expresados en este informe. A lo largo de la presente comunicación, todos estos aspectos serán tratados con mayor profundidad y detalle.

Por último comentar que, la cartografía base utilizada para realizar este proyecto ha sido el mapa topográfico 1:50.000 del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). En concreto, se ha trabajado sobre las hojas 219, 220, 257 y 258 de la serie anteriormente mencionada. A partir de esta cartografía, se ha generado un modelo digital del terreno (MDT) o Tridimensional del área de estudio, modelo que ha sido la base sobre la cual se ha sustentado la mayor parte de los análisis visuales del informe.

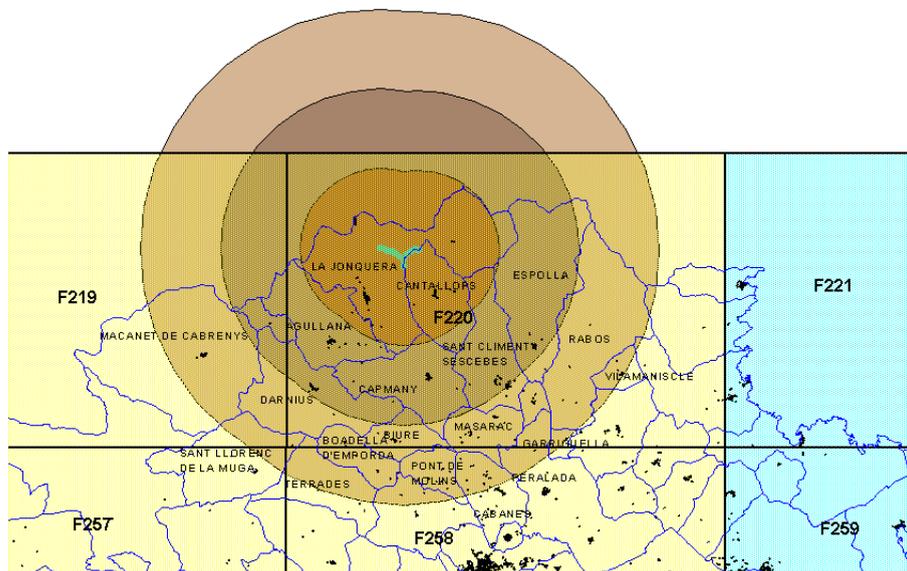


Figura 2. Área de estudio

En la Figura 2, podemos observar el área sobre la cual se ha realizado el estudio, diferenciando mediante tres anillos concéntricos en tonos marrones, aquellas zonas que se encuentran a 5, 10 y 15 kilómetros de distancia del parque eólico proyectado. También puede observarse, en amarillo, la referencia o número de las hojas del mapa topográfico 1:50.000 del Institut Cartogràfic de Catalunya utilizadas para este proyecto.

1. CREACIÓN E INTEGRACIÓN DE LA CARTOGRAFIA DE BASE

Como ya se ha comentado con anterioridad, la cartografía base sobre la que se ha asentado todo el proceso analítico del proyecto, es el mapa topográfico digital 1:50.000 del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), que presenta una equidistancia de curvas de nivel igual a 20 metros. Con estas curvas de nivel o isolíneas, juntamente con los valores en altura de las cotas altitudinales que conforman esta capa de información vectorial y los vértices geodésicos, se generó un modelo digital del terreno o Tridimensional del área a analizar. Este proceso se ha llevado a cabo con el software Arc/Info. Después de realizar la limpieza topológica pertinente sobre la capa vectorial, se ha

generado un TIN (Triangulated Irregular Network), es decir, se ha modelado y representado la superficie y relieve de nuestra área de estudio como un conjunto de triángulos contiguos no superpuestos. La particularidad de esta capa generada es que nos remite información relativa al relieve de la zona y, cualquier punto de este TIN, contiene información alfanumérica de altitud. La estructura topológica del TIN además, almacena en una lista los nodos (3) de cada uno de los triángulos o caras que conforman esta capa de información y almacena también datos acerca de las caras de los triángulos adyacentes. Este aspecto resultará interesante para realizar análisis de visibilidad (cuencas visuales y líneas de visión).

1.1 Digitalización e integración de información en un SIG

Una vez generado el TIN, se procedió a la digitalización e integración de capas georreferenciadas de información tales como la ubicación de los aerogeneradores, infraestructuras de comunicación, puntos de interés, límites municipales, las áreas urbanas y el topográfico 1:50.000 del ICC en formato raster.

Para la digitalización de los aerogeneradores se introdujeron las coordenadas exactas de cada uno de ellos y su tabla alfanumérica se completó con la asignación de un identificador único, consistente en un número de aerogenerador previamente asignado y que va del uno al doce. También se introdujeron las coordenadas UTM de cada elemento así como la altura mínima (altura de la base) y máxima sobre el nivel del mar o coordenada Z cada aerogenerador

2. ANÁLISIS VISUALES

Dos han sido los análisis básicos que se han desarrollado en el seno de este proyecto: Cuencas visuales y líneas de visión. Estos análisis se han realizado desde diferentes puntos previamente definidos dentro del radio de afectación visual que se determinó en los prolegómenos del proyecto. Este radio de afectación era de 15 kilómetros.

Así pues habiendo definido y digitalizado en sus coordenadas exactas todos y cada uno de los aerogeneradores, además de los puntos de interés, infraestructuras y áreas urbanas se procedió propiamente al análisis visual.

2.1 Determinación de cuencas visuales

Dicho análisis se realizó calculando la extensión en hectáreas de todas aquellas áreas que eran visibles desde cada uno de los aerogeneradores para cada uno de los rangos, intervalos o perímetros definidos (5, 10 y 15 kilómetros). Además del área visible desde los diferentes puntos de observación, también se cuantificó el porcentaje de territorio avistado desde cada aerogenerador en relación al total de la superficie. Todos los cálculos se realizaron basándose en el modelo tridimensional previamente generado. Para obtener el resultado final de este análisis se tuvo en cuenta la altura máxima del punto de observación (aerogeneradores) y la altitud de cada punto del territorio además de contemplar la orientación de las laderas, ...

Para la obtención de las cuencas visuales se calcularon los perímetros de forma individualizada para cada aerogenerador dado que la diferente ubicación de cada uno hacía variar el perímetro en función de si analizábamos la cuenca visual de uno u otro aerogenerador.

El cálculo de la cuenca visual se realizó para cada aerogenerador y perímetro, resultando un total de 36 cuencas visuales (12 aerogeneradores por 3 perímetros cada uno) o, lo que es lo mismo, generando un total de 36 nuevas capas de información que se agruparon en 12 mapas como el que se muestra en la figura 3.

En base a este mapa se realizó una tabla que contienen información acerca de la superficie porcentual y en hectáreas, según el número de aerogeneradores visibles.

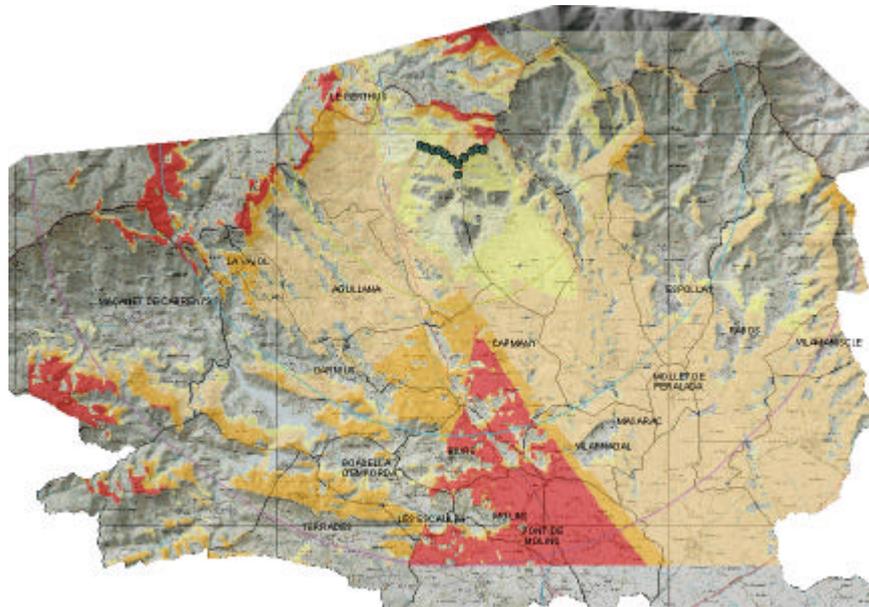


Figura 4. Áreas representadas en función del número de aerogeneradores desde los cuales son vistas.

2.2 *Determinación de las líneas de visión*

La segunda parte del estudio que en este informe se presenta, consiste en el análisis y cálculo de la visibilidad de los aerogeneradores desde unos puntos y enclaves determinados del territorio sobre el cual se ha trabajado. En esencia se calculó si un determinado aerogenerador era visible desde un punto concreto. Para ello, se realizaron un total de 336 líneas de visión entre 28 puntos de interés o puntos de observación para cada uno de los aerogeneradores.

Los puntos que se consideraron para tal análisis además de los propios aerogeneradores, fueron todos los núcleos de población existentes dentro del radio máximo de impacto visual definido (15 kilómetros), tres puntos kilométricos de la autopista AP7 –situados a 5, 10 y 15 kilómetros respectivamente– calculados a partir de la posición del aerogenerador número 7 (su situación es la más central dentro del ámbito del parque eólico), y cuatro puntos que, por sus características o singularidades debieron de tenerse en cuenta: ermita de Santa Llúcia, Puig Neulós, Dolmen del Coll de Medàs y Estany de Canadal.

Para la realización de los análisis de líneas de visión se tuvieron en cuenta ciertos aspectos básicos como son las respectivas alturas del elemento observado (aerogeneradores) y de los puntos de observación. Para el primer caso, se asignó un valor de 60 metros equivalentes a la altura de los aerogeneradores mientras que, como valor del observador, se asignaron 1.75 metros, medida equivalente a la altura media de una persona. Todos los análisis relativos a las líneas de visión se efectuaron mediante la extensión 3D Analyst del software SIG Arcview 3.2.

Los puntos de observación y objetivo de las diferentes líneas de visión se fijaron y localizaron a partir de sus coordenadas. En el caso de los puntos observados (aerogeneradores) al tratarse de una información de tipo puntual, disponíamos de la coordenada UTM de la localización exacta de cada uno de ellos. En el caso de los núcleos de población, se digitalizó como punto de observación el área central del núcleo. El número de aerogeneradores visibles desde un núcleo de población puede variar sensiblemente en función de donde situemos al observador, especialmente si este núcleo se encuentra en un área especialmente accidentada. Todo esto al margen de los obstáculos visuales que no se han tenido en cuenta en el presente estudio y que en el caso de áreas urbanas cobran una notable importancia. Esto significa que, las posibilidades de trazar diferentes líneas de visión son en el mundo real, infinitas. Como corresponde a los análisis SIG y a la cartografía en general, para la realización del informe se

debió de simplificar la complejidad del mundo real y, de forma coherente, tomar como punto de observación genérico un espacio concreto que pudiéramos ir asignando sin más problemas en cada uno de los núcleos de población, fuera cual fuera su estructura.

Para el cálculo de las líneas de visión fue preciso obtener previamente la coordenada UTM de cada punto de observación. Esto se hizo mediante un script disponible en ArcView 3.2 llamado *addxycoord.ave*, el cual calcula las coordenadas de cada punto y las añade como un atributo de la base de datos de la capa.

Una vez obtenidas las coordenadas se procedió a determinar la visibilidad de los aerogeneradores desde los diferentes puntos de interés. Para tal fin se pensó en utilizar la herramienta *Create Line of Sight* (crear línea de visión) de ArcView 8.x. y que consiste en hacer un clic con el ratón sobre el punto donde se sitúa el observador y otro clic sobre el punto donde se sitúa el objetivo, teniendo como base un modelo digital del terreno. En la Figura 5 se muestran dos ejemplos de líneas de visión desde los municipios de Cantallops y La Jonquera hasta dos aerogeneradores concretos.

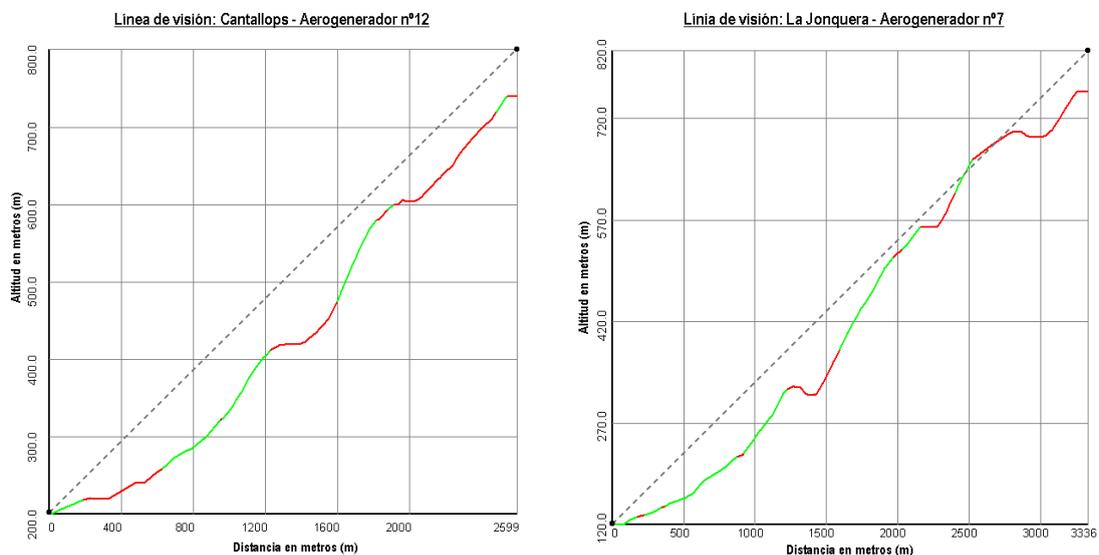


Figura 5. Líneas de visión entre núcleos de población y los aerogeneradores

Si nos fijamos en la Figura 5, la línea irregular nos muestra información visual y gráfica del perfil existente entre el punto de observación y el objeto observado. Además, nos facilita información acerca de la visibilidad o invisibilidad de cualquier punto que se encuentre en la línea de visión que se ha definido. Mediante color verde se nos muestran aquellas zonas que quedaran visibles a nuestra observación en función de la altura del observador y del relieve de la zona mientras que, en color rojo, se nos muestran aquellas porciones de territorio que quedan ocultas a nuestra visión. Son aquellas zonas que no podemos ver desde nuestra posición concreta.

En la misma figura podemos apreciar mediante una línea discontinua, la línea de visión entre ambos puntos definidos. Esta herramienta presenta el inconveniente de que a la hora de fijar el punto del observador y del objetivo se debe hacer a ojo y de forma imprecisa sobre el mapa. Por otro lado y como puede apreciarse, la línea de perfil, en su parte superior no llega jamás a conectar con la línea de visión pues, como se ha comentado con anterioridad, la altura máxima del objeto observado se encuentra a 60 metros por encima de la cota altitudinal máxima. Por tanto, no informa de forma explícita si este es visible o no

Los inconvenientes de esta herramienta se resolvieron con una extensión llamada *Visibility*, la cual solo está disponible para la versión 3.x de ArcView. Mediante esta extensión los parámetros de la línea de visión pueden ser

ajustados a través de una ventana de diálogo en donde se introducen las coordenadas del punto de observación y del punto observado así, como las alturas respectivas de cada punto sobre la superficie.

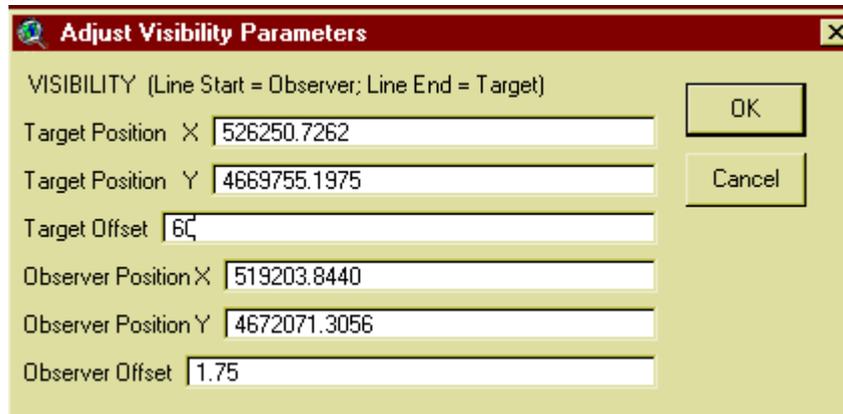


Figura 6. Cuadro de diálogo de la extensión Visibility

Una vez ajustados y validados los parámetros con Visibility, se nos muestra una informe en el que se nos indica si el aerogenerador es visible desde el punto indicado, dados los parámetros indicados y generando a continuación el perfil topográfico comentado anteriormente.

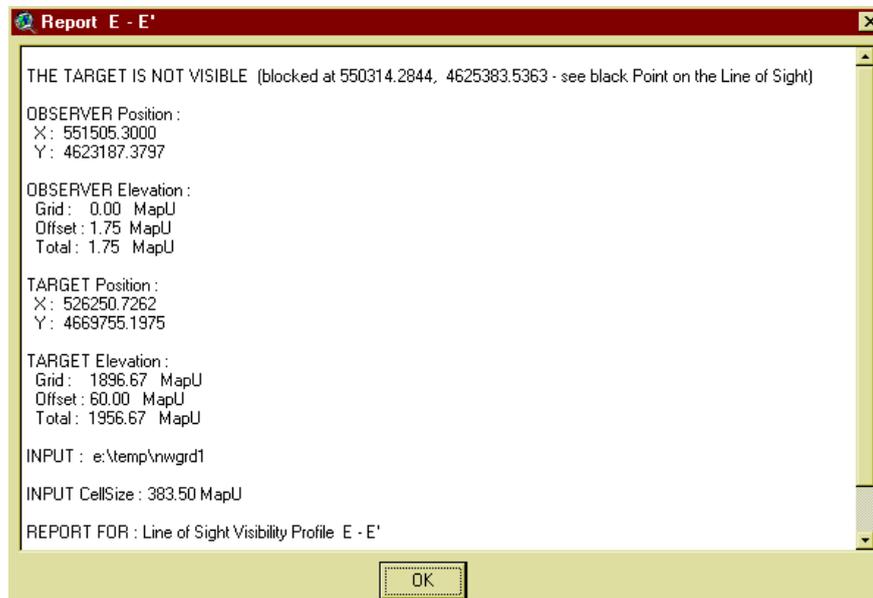


Figura 7. Informe de visibilidad generado con Visibility

Los resultados fueron introducidos en una tabla de Excel en la cual se indicaba para cada punto de observación que aerogeneradores eran visibles y cuales no.

Aerogeneradores visibles desde los diferentes puntos d'interès													
PUNT D'INTERÈS	AERO. 1	AERO. 2	AERO. 3	AERO. 4	AERO. 5	AERO. 6	AERO. 7	AERO. 8	AERO. 9	AERO. 10	AERO. 11	AERO. 12	TOTAL
Agullana	Si	No	No	No	No	Si	8						
Biure d'Empordà	No	No	No	0									
Boadella d'Empordà	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si	4
Cantallops	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si	4
Capmany	Si	No	Si	Si	Si	11							
Darnius	No	No	No	No	No	Si	Si	No	No	No	No	Si	4
Les Escaules	No	No	No	0									
Espolla	No	No	No	0									
La Jonquera	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	Si	7
el Portús	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No	5
Maçanet de Cabrenys	No	No	No	0									
Masarac	No	No	No	0									
Molins	No	No	No	0									
Mollet de Peralada	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8
Pont de Molins	No	No	No	0									
Rabós	No	No	No	0									
St. Climent de Sescebes	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8
Terrades	No	No	No	0									
La Vajol	Si	No	No	No	Si	9							
Vilamaniscle	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8
Vilarnadal	No	No	Si	Si	Si	10							
Puig Neulós	Si	No	Si	11									
Dolmen del Coll de Medàs	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No	4
Estany de Canadal	No	No	No	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	7
Ermita de Sta. Lúcia	No	No	No	0									
Autopista A-7 PK 5Km.	Si	No	No	No	No	Si	8						
Autopista A-7 PK 10 Km.	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8
Autopista A-7 PK 15 Km.	Si	Si	Si	12									

Figura 8. Tabla de visibilidad de los aerogeneradores desde los puntos de observación

La figura 8 nos muestra la tabla final generada a partir del cálculo de las 336 líneas de visión. Para cada punto de interés se nos muestran en rojo los aerogeneradores visibles y en verde los no visibles. En la columna de la derecha se indica el total de aerogeneradores visibles desde un determinado punto de observación.

3. SIMULACIÓN VIRTUAL DEL PARQUE EÓLICO

Como parte final del trabajo se generó una simulación tridimensional del futuro parque eólico. La modelización virtual de un elemento o infraestructura ayuda a valorar de forma sencilla y didáctica cual será el impacto futuro de este elemento sobre el territorio. Para la realización de nuestra simulación se utilizó el módulo ArcScene de ArcGIS. Este módulo, incluido dentro de la extensión 3D Analyst, permite hacer sencillas simulaciones tridimensionales siempre y cuando no tengan excesivas pretensiones, para simulaciones más sofisticadas existen en el mercado productos creados específicamente para tal fin. A pesar de que ArcScene tiene serias limitaciones, justificables por otra parte ya que la modelización en 3D no es el objetivo para el que fueron ideados los SIG, sí que dispone de las herramientas básicas para poder crear una serie de escenas en tres dimensiones que ayuden a imaginar al usuario no familiarizado con los SIG como será el futuro parque eólico de la Sierra de l'Auleda.

La simulación virtual permite también introducir otros parámetros que no han sido tenidos en cuenta en el cálculo de las cuencas visuales y líneas de visión, como es por ejemplo la presencia de nieblas o la luminosidad.



Figura 9. Ejemplo de modelización del parque eólico de la Serra de l' Auleda con presencia de niebla

Para la modelización del parque eólico se utilizaron los ortofotomapas color del Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) que fueron colocados sobre el modelo digital de elevaciones para dar textura al relieve de la superficie. Para dar mayor sensación de realismo se añadió la capa de áreas urbanas del topográfico 1:50.000 del ICC a la cual se le aplicó una elevación de 10 m. sobre la superficie y se le aplicaron diferentes texturas a las fachadas de los edificios. Lo mismo se hizo con la capa de puntos que representan los aerogeneradores, a los que se aplicó una altura de 60 m. sobre la superficie. Por cuestiones de tiempo no se realizó con los bosques y vegetación.

Con la simulación tridimensional podemos realizar vuelos a vista de pájaro por el área de estudio, los cuales pueden ser grabados en un formato de video. Pero además, permite que un usuario pueda recrear virtualmente el paisaje que podría observar desde el punto que el elija sin necesidad de realizar ningún tipo de análisis y simulando determinadas condiciones meteorológicas o atmosféricas.

No obstante y a nuestro entender, la ventaja más importante que supone la simulación virtual es la de poder analizar de forma subjetiva la importancia que cobra la variable distancia en el impacto visual de una infraestructura. Como se ha comentado en líneas anteriores se han generado unos perímetros que delimitan el nivel de incidencia visual del parque eólico. No obstante, se trata de algo puramente teórico que no podemos constatar visualmente. La simulación tridimensional nos permite en este caso ver como los aerogeneradores disminuyen de tamaño a medida que nos alejamos de ellos, reduciéndose por tanto el efecto que producen sobre el paisaje, tal y como puede apreciarse en la figura 10.



Figura 10. Dos vistas del parque eólico desde dos puntos situados a diferente distancia

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Gracias al análisis tridimensional, los SIG se han rebelado como una potente herramienta para el análisis de impacto visual. No obstante, los datos utilizados para el análisis no dejan de ser una simple abstracción de la compleja realidad del territorio. Es por eso, que los resultados obtenidos deben ser pasados por un tamiz que permita valorarlos en su justa medida.

Es evidente que una infraestructura colocada sobre un elevación será vista desde muchos puntos, especialmente si dicha elevación se encuentra rodeada de un territorio muy llano, como es el caso de buena parte del área de estudio. Que un elemento sea visible, no supone necesariamente un impacto visual o paisajístico, ya que esto es una valoración subjetiva y supeditada a otros factores a la que no siempre puede responder un SIG .

Un ejemplo de lo que estamos diciendo lo tenemos en la variable distancia. Es el usuario el que a la hora de calcular una cuenca visual tiene que introducir en el sistema la distancia máxima a la que puede ser observado el territorio. El resultado es que el SIG nos informa de lo que podemos ver y lo que no, pero no sabemos a que nivel de precisión. El sistema a priori no puede interpretar la agudeza visual y como ésta se reduce en función de la distancia. Esto se podría simular en parte superponiendo a las cuenca visual raster una capa de distancias en la cual el valor de cada píxel disminuyese a medida que nos alejamos del punto observado. Esto nos daría un resultado más aproximado del verdadero impacto visual de un elemento.

Consideraciones al margen, hemos podido observar en este trabajo que el número de aerogeneradores teóricamente visibles aumenta con la distancia. Esto es algo evidente dado el aumento de la perspectiva que supone alejarnos del punto observado. Si miramos la figura 8 vemos que desde el PK.15 de la autopista se pueden ver la totalidad de los aerogeneradores, mientras que desde el PK. 5 solo se observan 8. Este dato se ha de relativizar, sin embargo, por el factor distancia el cual minimiza el impacto visual cuanto mayor sea ésta. También se da la circunstancia que el perímetro de 5 Km. alrededor del parque, considerado de alta incidencia visual, se encuentra en un área más accidentada, lo cual supone mayores obstáculos visuales que se han de añadir a la menor perspectiva que supone la proximidad al parque eólico, es el caso de poblaciones muy cercanas al futuro parque eólico como La Jonquera o El Portús donde el número de aerogeneradores visibles es de 7 y 5 respectivamente, aunque esta cifra puede variar en función del lugar del municipio donde nos situemos, además del factor añadido que supone la presencia de edificaciones.

Como comentario general de los resultados obtenidos podemos concluir que a mayor distancia mayor es el número de aerogeneradores visibles (ver figura 4.), aunque esto no debería considerarse como un aumento del impacto visual ya que el factor distancia ejerce un fuerte poder minimizador de éste.

Para concluir, nos gustaría resaltar que el análisis de visibilidad del parque eólico debe ser matizado por algunas consideraciones relativas a la precisión de la información de base y por otro lado a aspectos metodológicos que sin lugar a dudas distorsionan los resultados obtenidos respecto al que será el impacto visual real.

En primer lugar hay que tener en cuenta que para la obtención del modelo digital del terreno se utilizó la altimetría del topográfico 1:50.000 del ICC, lo cual ya supone de entrada una limitación en la precisión de los resultados obtenidos.

Las consideraciones metodológicas ya se han comentado a lo largo de esta comunicación y hacen referencia al hecho de que solo se ha tenido en cuenta en el análisis la orografía, no incluyéndose otros obstáculos visuales de origen natural o antrópico como son la vegetación, las edificaciones o las condiciones meteorológicas.

La no inclusión de estos obstáculos visuales en el análisis tiene, como contrapartida, la ventaja de que los resultados obtenidos reflejan el peor de los escenarios posibles. Se puede afirmar sin lugar a dudas, que el impacto visual del parque eólico no será en ningún caso superior al que reflejan los datos obtenidos en nuestro análisis.

Finalmente, la realización de una simulación tridimensional permite en este caso complementar el análisis visual a través de una visión subjetiva desde el punto de observación, facilitándonos, de esta forma, la identificación de los puntos de ruptura de la línea de visión que hacen que un elemento no pueda ser visible desde ese punto. Por

otro lado, la simulación nos permite apreciar de forma más realista y clara la importancia que juega la variable distancia en el impacto visual o paisajístico.

REFERENCIAS:

- Bejarano Moreno, A.; Valencia Oca, J. (2001): "Parques eólicos: Cómo abordar sus Estudios de Impacto Ambiental". II Semana de Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid.*
- Mourelle, A. (1999): "Evaluación de Impacto Ambiental de parques eólicos en el norte de la Península Ibérica. Revista Residuos, nº 50, Bilbao.*
- Canter, L.W. (1997): "Manual de Evaluación de Impacto Ambiental", McGraw Hill, Madrid.*
- Dangermond, J. et al. (2003): "Advanced Spatial Analysis: The CASA book of GIS". ESRI, USA.*
- Environmental Systems Research Institute (1997): "ArcView 3D Analyst". ESRI, USA.*
- Environmental Systems Research Institute (1996): "ArcView Spatial Analyst". ESRI, USA.*
- Felicísimo, A.M. Curso de Modelos Digitales del Terreno. Disponible en: <http://www.chaneques.org>*
- Felicísimo, A.M. (1992): "Modelos Digitales del Terreno: Introducción y aplicación en las ciencias ambiental.es". Universidad de Oviedo. Disponible en: <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/libromdt.pdf>*