



Desarrollo e implementación de una metodología de análisis para la evaluación ambiental y localización óptima de parques eólicos

Máster en Tecnologías de la Información Geográfica. 10^a Edición.



Proyecto final de Máster

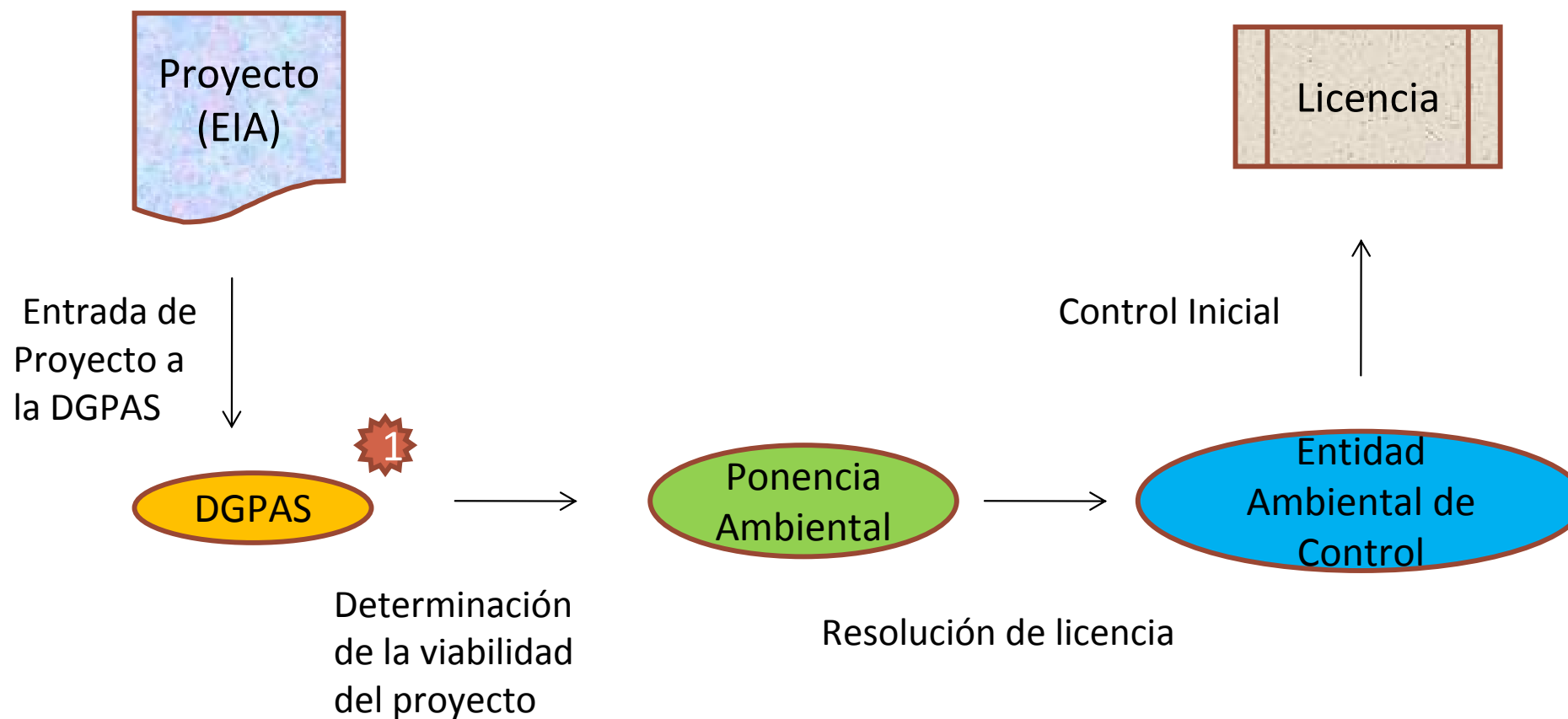
Autor: Ignacio Barandalla
Tutor: Miguel Ángel Vargas

Marzo 2009

Marco de desarrollo del Proyecto:

- Proyecto nacido a raíz del convenio establecido entre el Departamento de Geografía de la UAB y el “Departament de Medi Ambient i Habitatge” a través de la “Direcció General de Polítiques Ambientals i Sostenibilitat (DGPAS)”.
- Entre otras funciones, la DGPAS se encarga de estudiar los proyectos de Parque Eólicos que solicitan la Licencia Ambiental, con el objeto de determinar su viabilidad en base al impacto generado en el medio y en la población.
- El presente trabajo consiste en la realización de una aplicación informática que automatice y facilite el proceso de toma de decisiones a los técnicos de la DGPAS, durante el proceso de legalización de Parques Eólicos.

Proceso de legalización de un Parque Eólico:



1 Utilización de la aplicación AVICEC

Marco Normativo:

Actividades

- Decret 143/2003, de 10 de juny, de modificació del Decret 136/1999, de 18 de maig, de desplegament del reglament de la llei 3/1998, de 27 de febrer, de la intervenció integral de les administracions ambientals.
- Decret 136/1999, de 18 de maig, de desplegament del reglament de la llei 3/1998.
- Llei 3/98, de 27 de febrer, de la intervenció integral de les administracions ambientals.

Energéticas

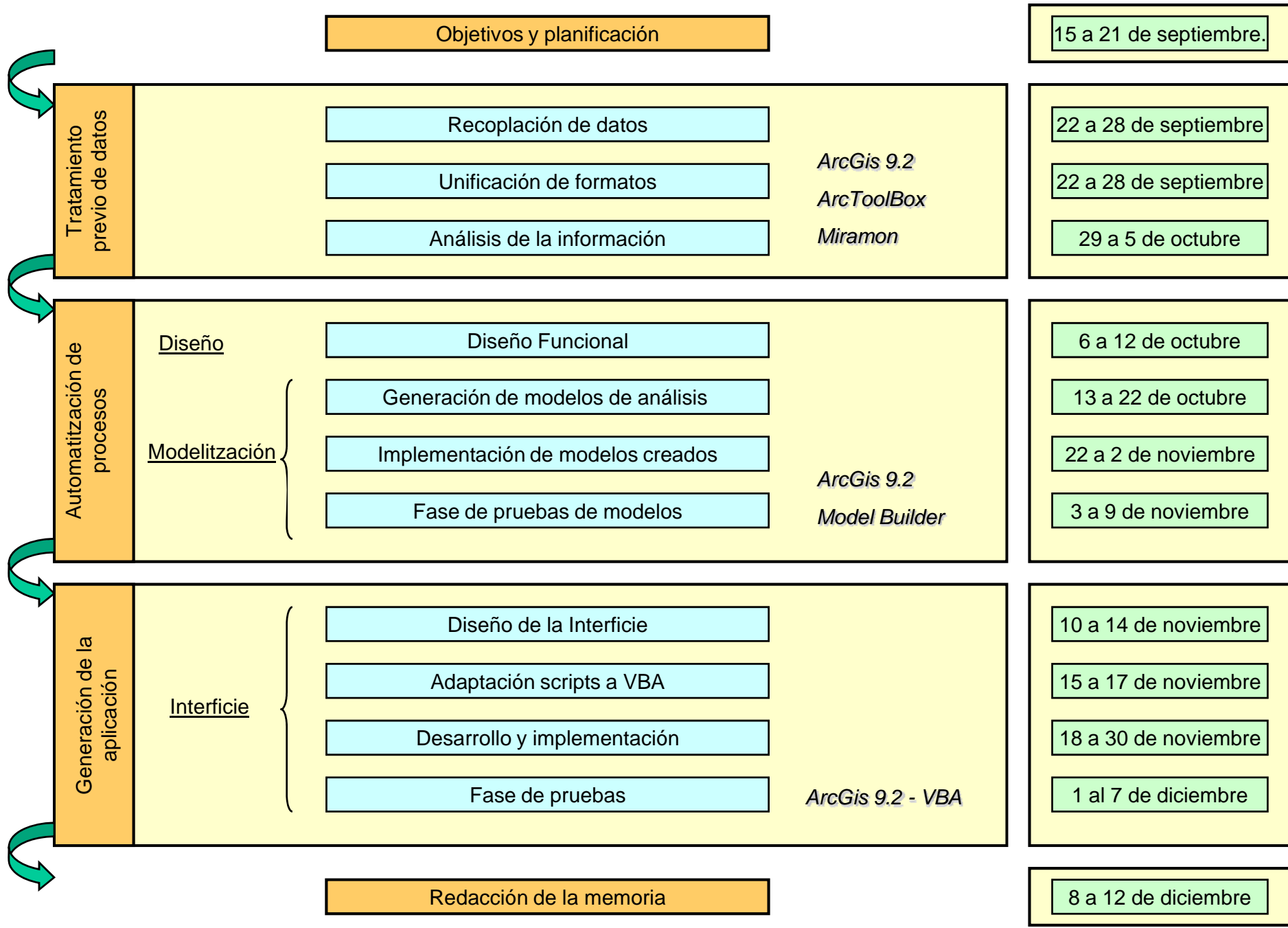
- Decret 174/2002, d' 11 de juny, regulador de la implantació de l'energia eòlica a Catalunya. Pla territorial sectorial.
- “Real Decreto 1955/2000, del 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica”. Activitats sotmeses a avaluació d'impacte ambiental”.
- “Ley 54/1997, de 28 de noviembre, del sector energético”. Marc energètic.

EIA

- “Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental”.
- Decret 114/1988, de 7 d'abril, d'avaluació d'impacte ambiental

Se han perseguido los siguientes objetivos:

- Desarrollar una herramienta dentro de un entorno de trabajo de ámbito general y compatible con el sistema de la DGPAS, como es el caso del software ArcGis 9.2.
- Generación de una aplicación capaz de agilizar y automatizar el análisis de viabilidad ambiental de un proyecto eólico.
- Obtención de un documento final donde de forma clara y rápida se identifiquen todos los parámetros y entidades afectados por el análisis, arrojando un resultado final único que sirva a los técnicos de la DGPAS como herramienta en el proceso de toma de decisiones.



Tipos de datos

Heterogeneidad
de datos

- Clasificación temática: ambiental, cultural, cartografía de base...
- Clasificación por formatos: raster, mapas Miramon, shapes ArcGis...
- Clasificación por geometría: capas de puntos y de polígonos
- Orígenes diversos: ICC, DGPAS, LIGIT, Geodata, Departament de Medi Ambient...

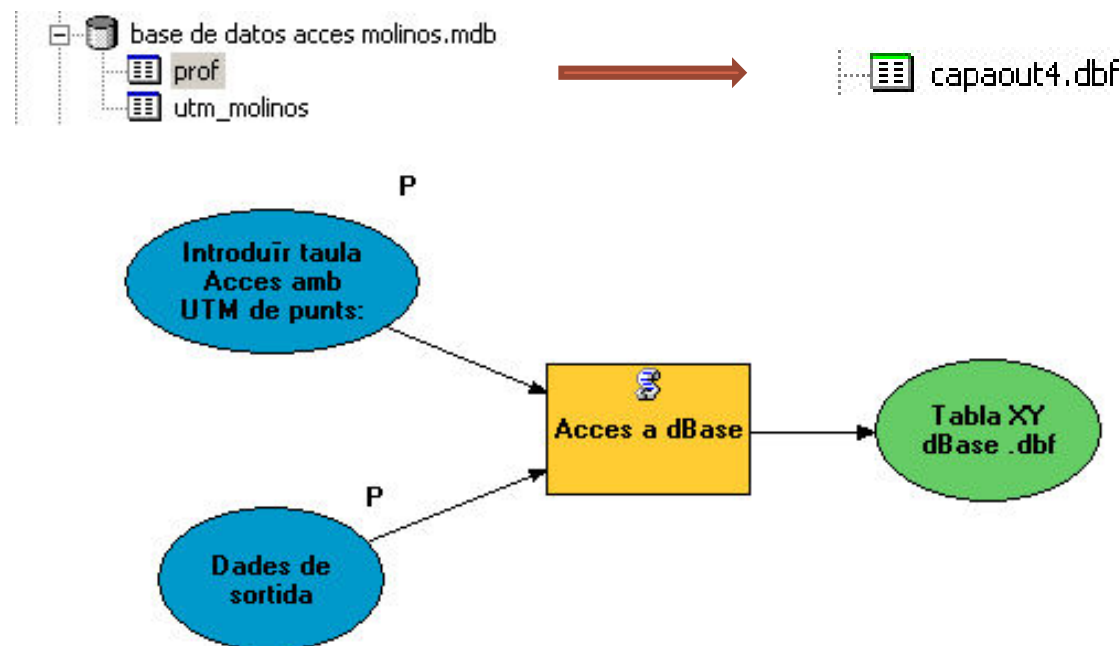
Problemáticas surgidas:

- Obtención de mucha información: implica una elaborada revisión y clasificación de datos.
- Gran número de operaciones de preparación de datos.
- Generación de modelos complejos producto de la concatenación de gran número de subprocessos que deben jerarquizarse y ordenarse.
- Generación de un gran número de variables a tener en cuenta a la hora de la programación.
- Análisis que implican cierto tiempo de espera.

Modelos desarrollados:

La aplicación se basa en el desarrollo de 4 modelos (*ModelBuilder*):

1. “Modelo de Importación MSOffice Acces”: permite transformar una tabla MSOfficeAcces ".mdb" en formato de tabla dBase ".dbf", mediante la opción de ArcToolBox definida como "Table to Dbase (múltiple)".



Modelos desarrollados:

La aplicación se basa en el desarrollo de 4 modelos (*ModelBuilder*):

2. “Modelo de representación XY dBase”: proceso que representa una capa de puntos (“.shp”) sobre un mapa base, a partir de una tabla “.dbf” con valores de coordenadas UTM almacenados en diferentes campos (X e Y), mediante la herramienta “Make XY Event layer”.

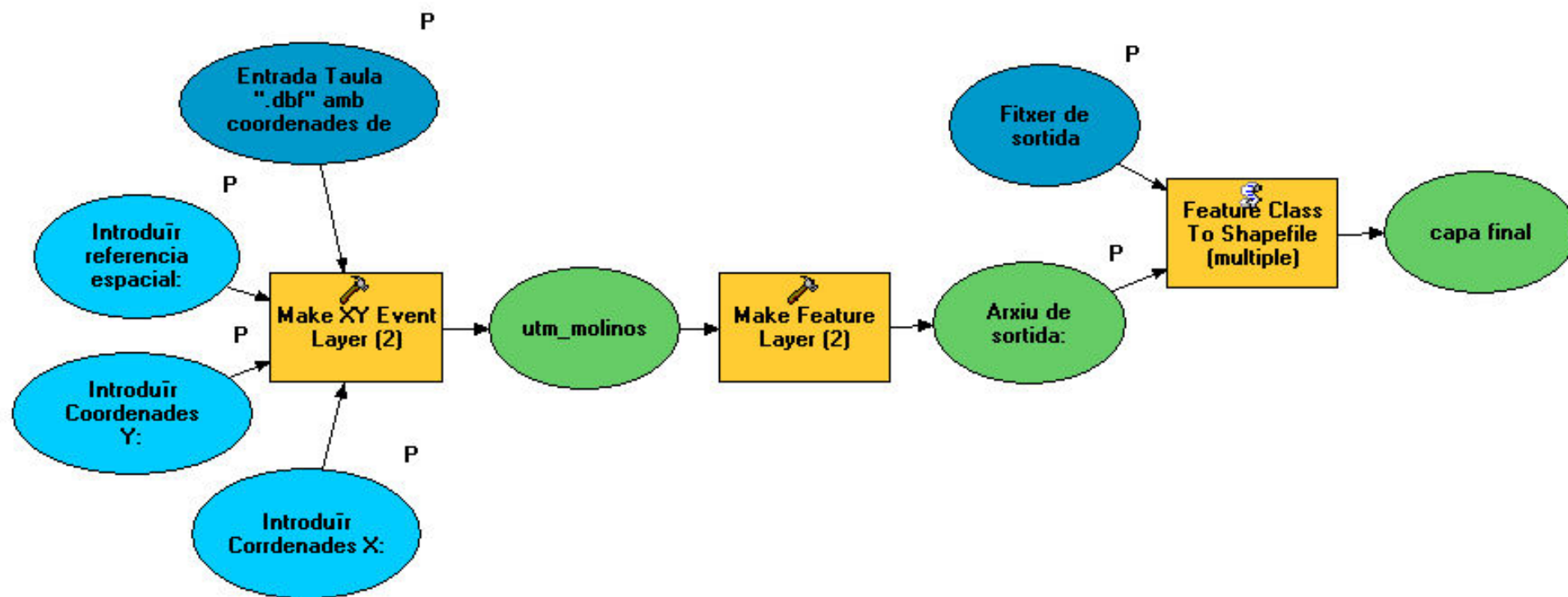
FID	Shape *	FID 444	z	x utm	y utm
0	Point	1	150	496000	4624339
1	Point	4	410	496000	4624539
2	Point	5	120	496000	4624539
3	Point	3	400	496000	4624639
4	Point	2	200	496000	4624439
5	Point	6	100	496000	4624739
6	Point	0	120	496000	4624039



Modelos desarrollados:

La aplicación se basa en el desarrollo de 4 modelos (*ModelBuilder*):

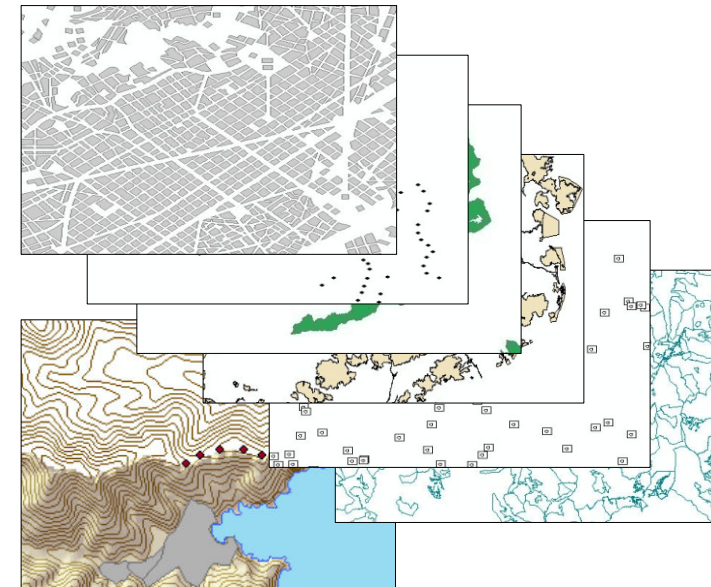
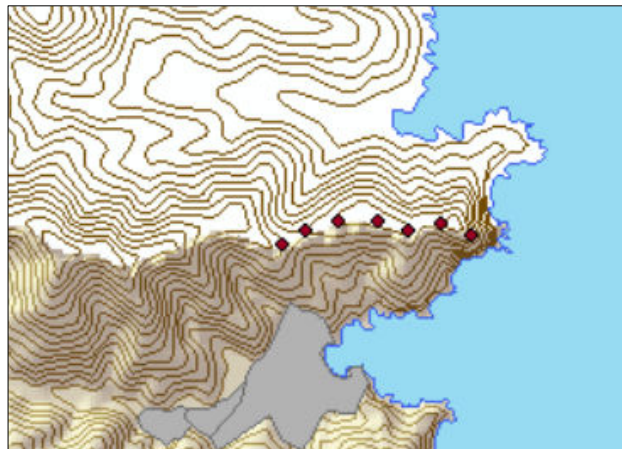
El esquema del proceso será:



Modelos desarrollados:

La aplicación se basa en el desarrollo de 4 modelos (*ModelBuilder*):

3. “Modelo de Geoanálisis global: Geoproceso complejo que a partir de un shape de puntos genera una capa resultado limitada al ámbito municipal, con las características de todas las capas ambientales y culturales asociadas a los puntos de inicio.

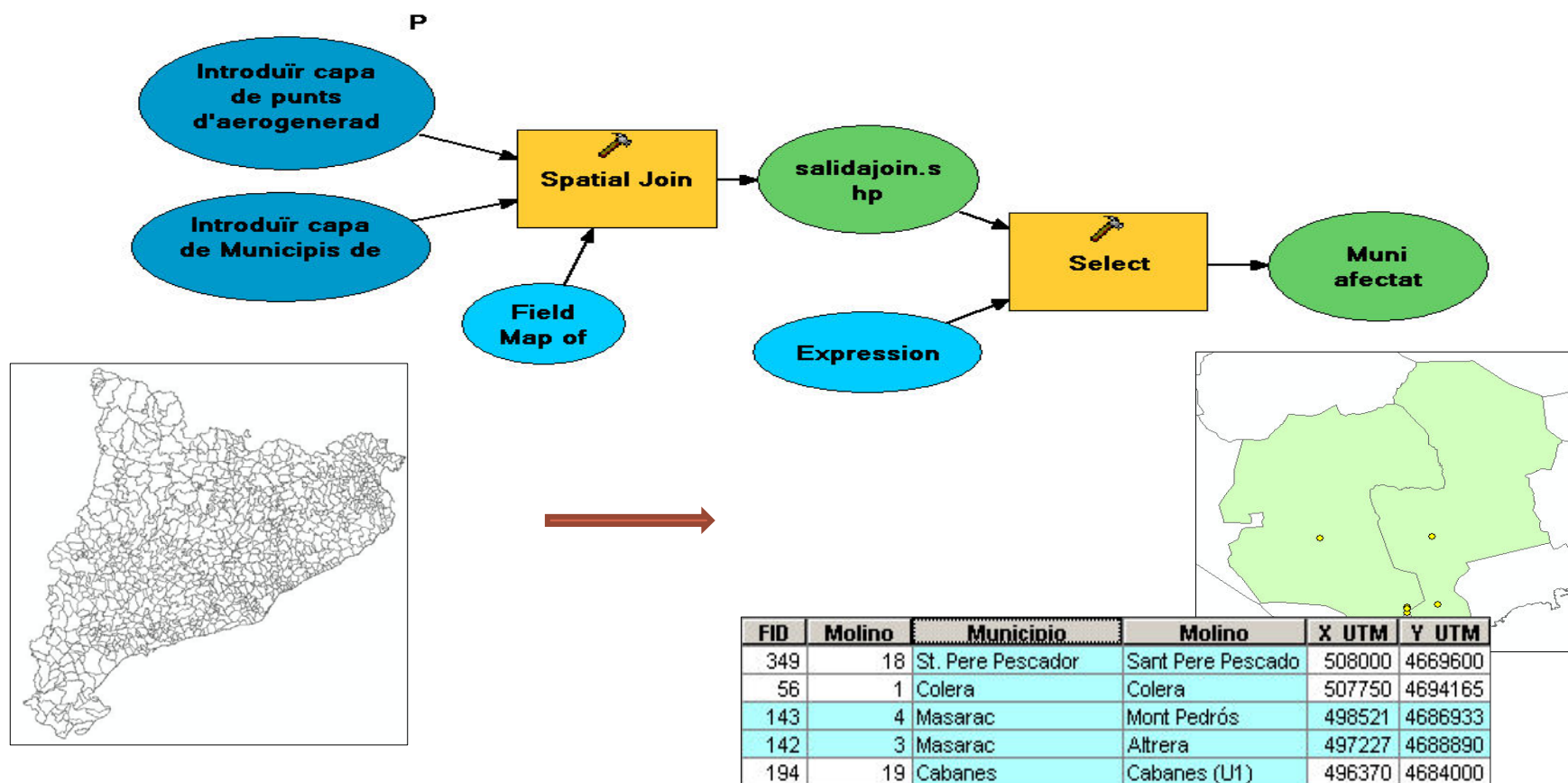


Modelos desarrollados:

La aplicación se basa en el desarrollo de 4 modelos (*ModelBuilder*):

El esquema del proceso será:

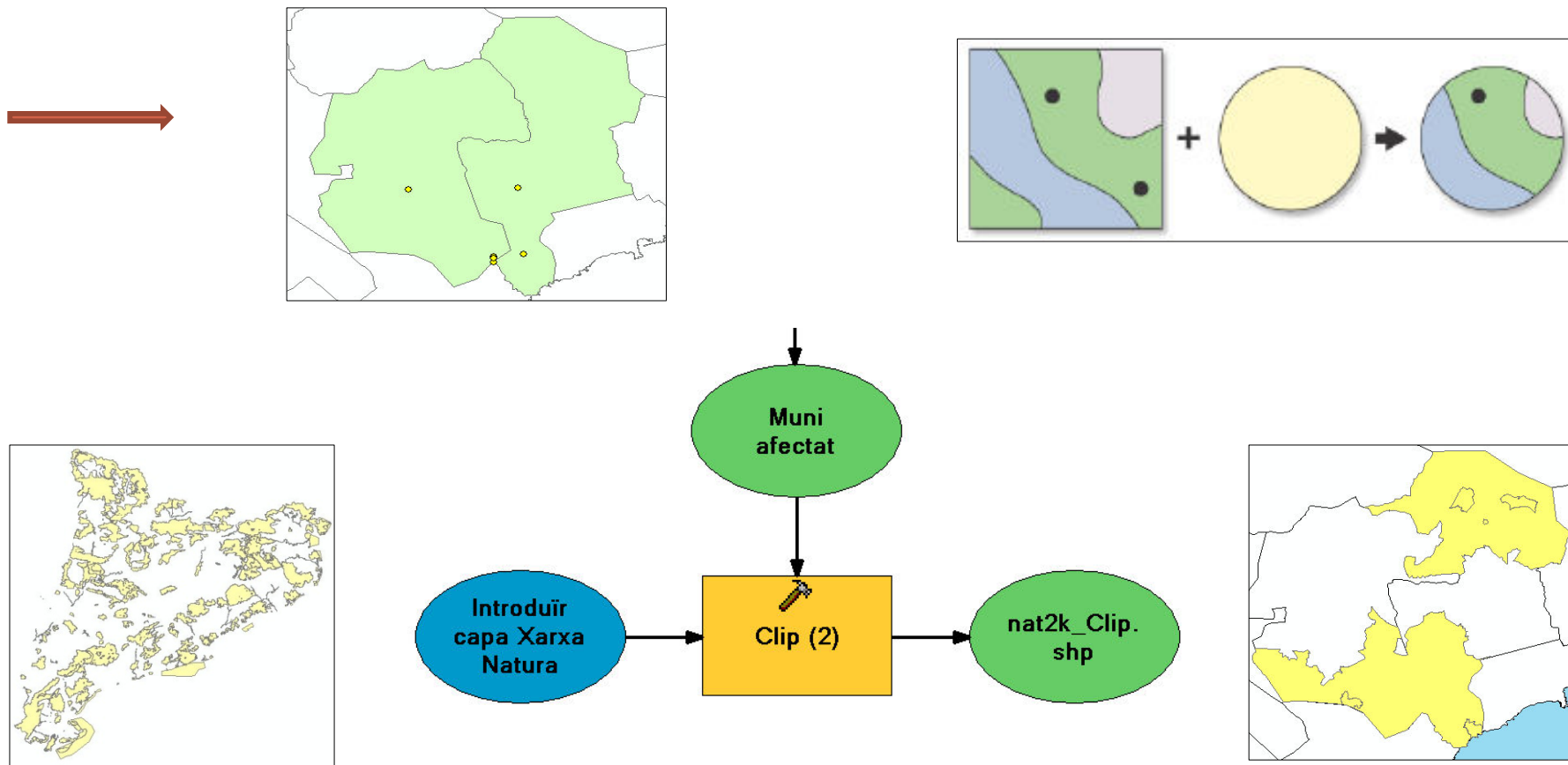
- Asociación de puntos a municipios y selección de municipios afectados:



Modelos desarrollados:

La aplicación se basa en el desarrollo de 4 modelos (*ModelBuilder*):

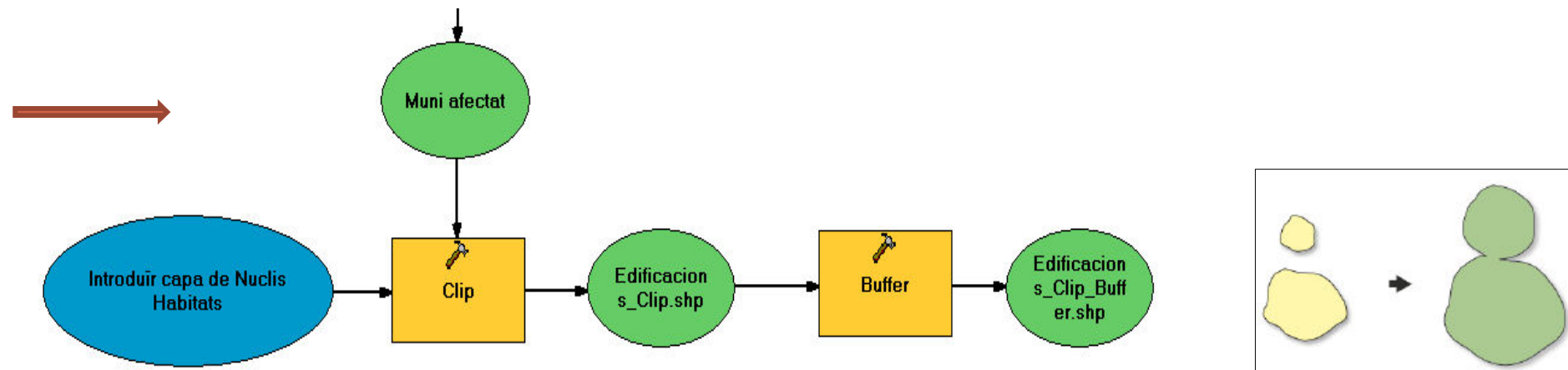
- Recorte de las capas de información al ambito de trabajo:



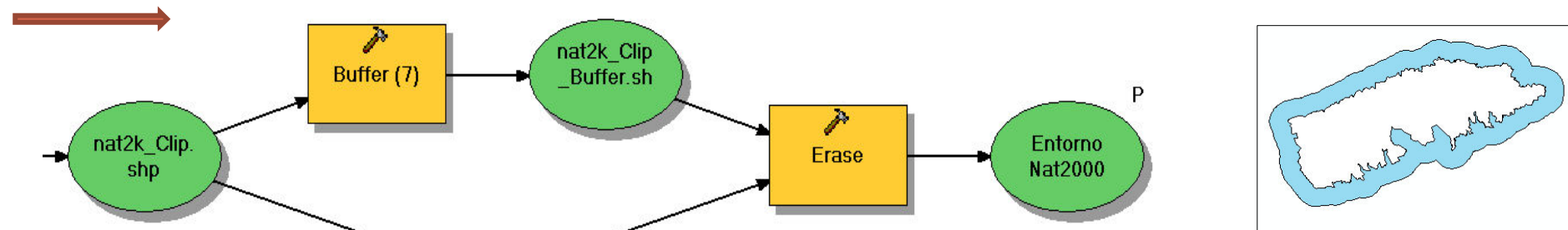
Modelos desarrollados:

La aplicación se basa en el desarrollo de 4 modelos (*ModelBuilder*):

- Generación de límites de proximidad:



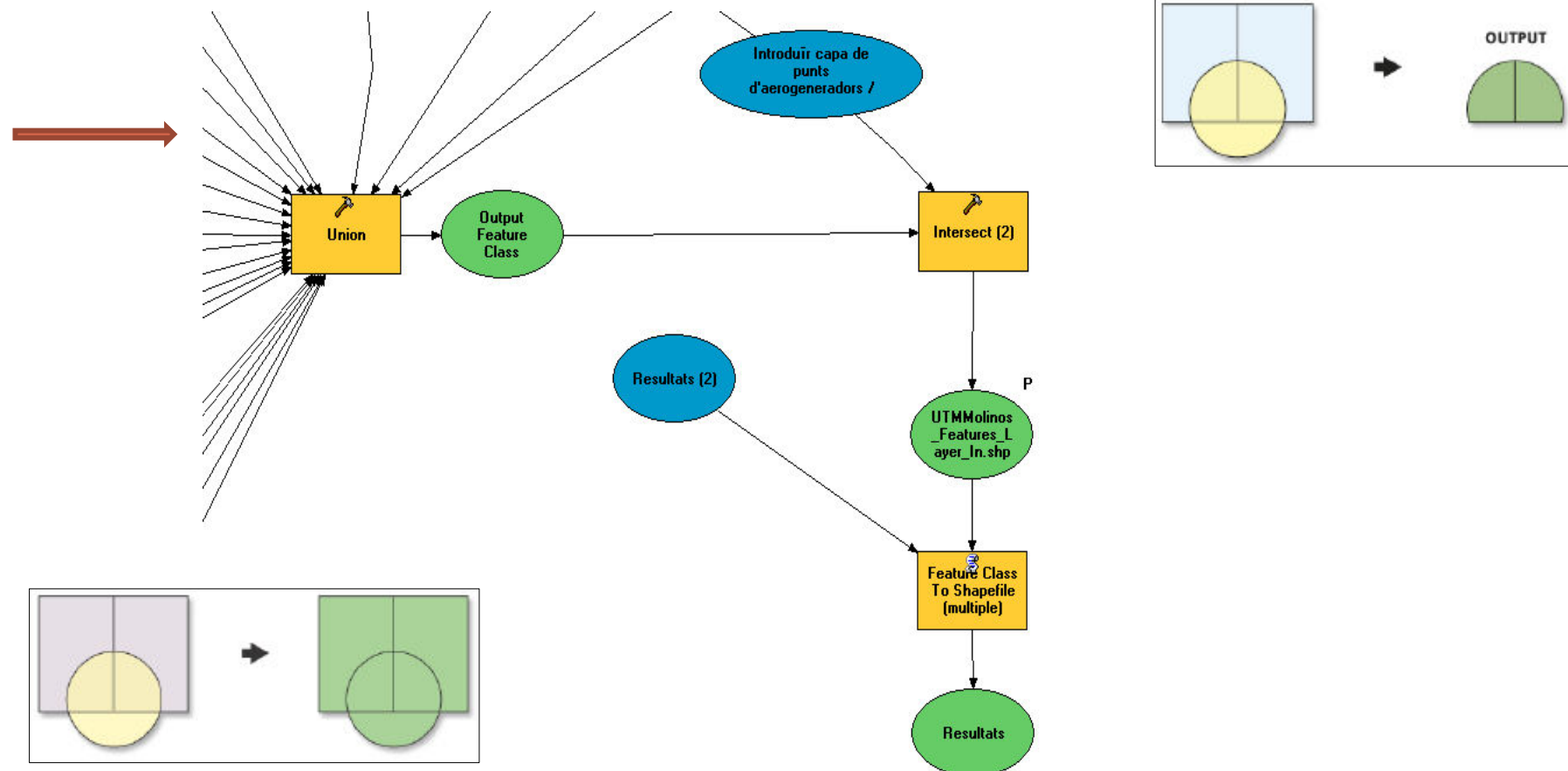
- Generación de áreas de influencia:

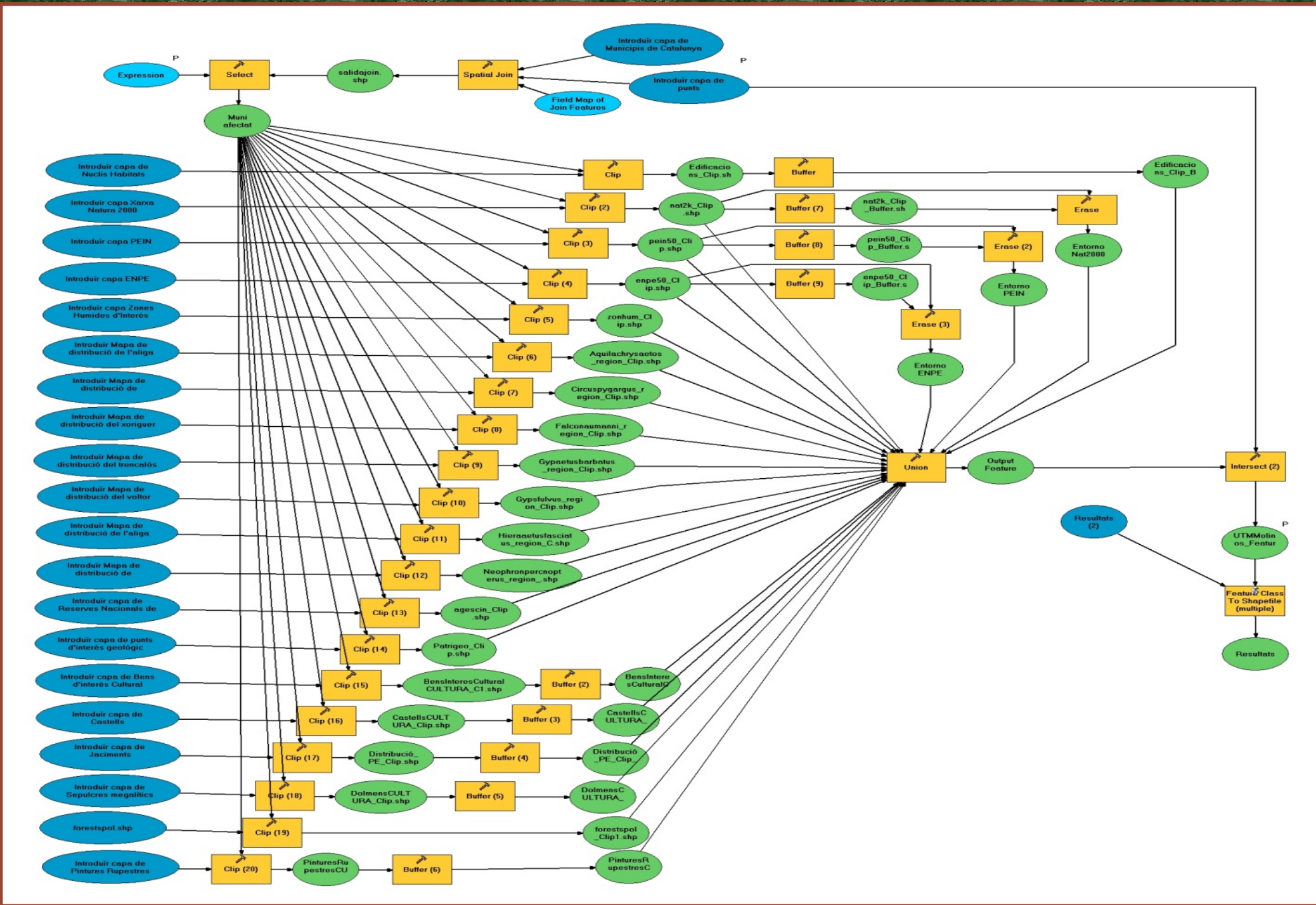


Modelos desarrollados:

La aplicación se basa en el desarrollo de 4 modelos (*ModelBuilder*):

- Unión de todas las capas ambientales e intersección con la capa de puntos original:

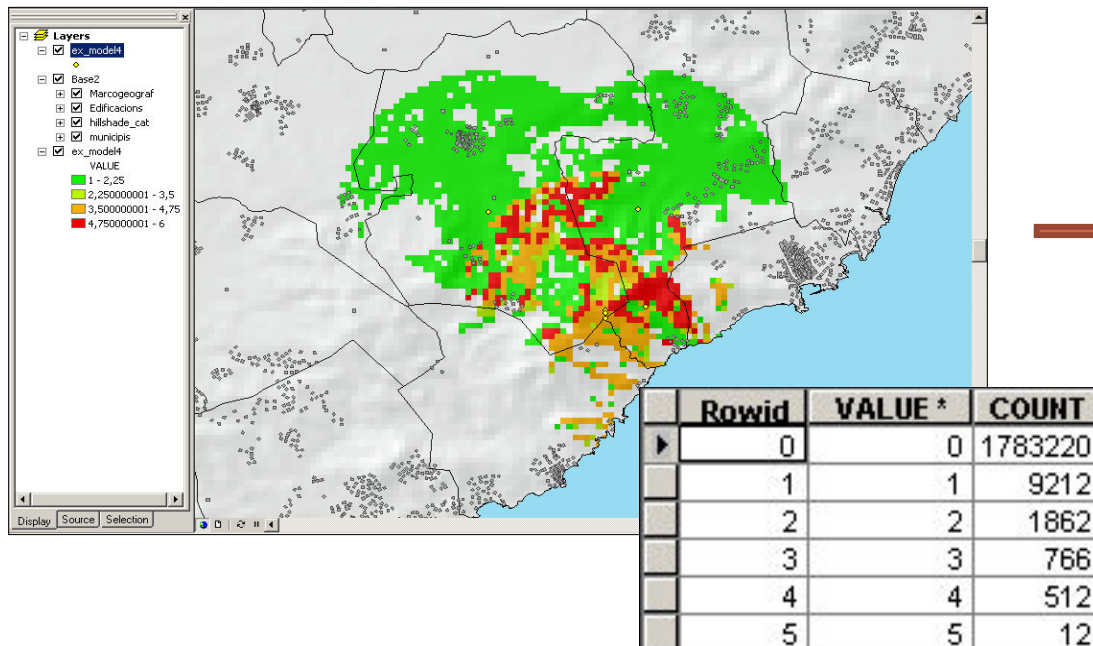




Modelos desarrollados:

La aplicación se basa en el desarrollo de 4 modelos (*ModelBuilder*):

4. “Modelo de Análisis de Impacto visual”: geoproceso complejo basado en el cálculo de la cuenca visual de un número de puntos a partir del Modelo Digital de Elevaciones, generando un raster y un valor numérico del impacto visual asociado al mismo.



Impacto Visual :

$$I = \frac{\sum (value \times count)}{n \times c} \times 100$$

donde:

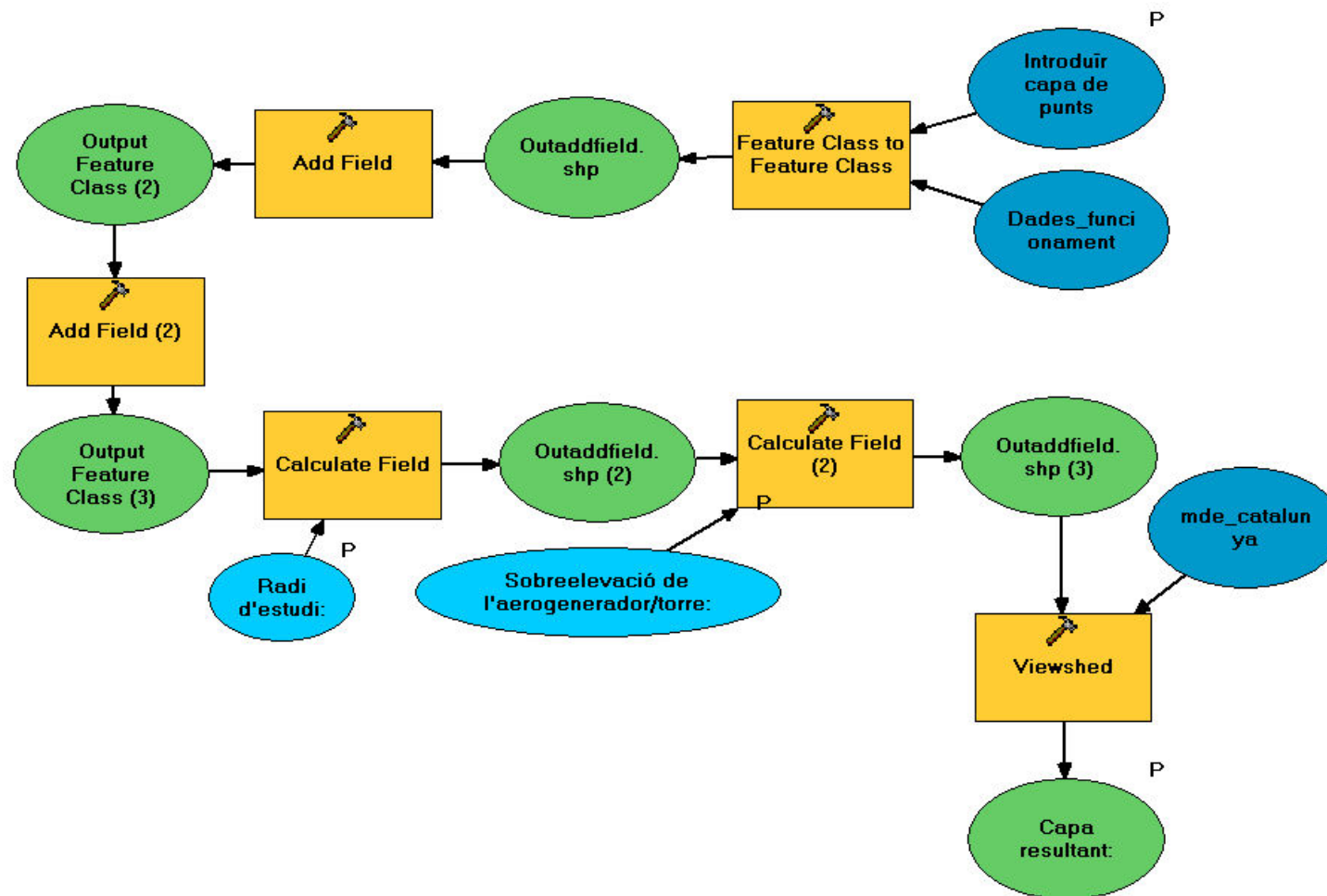
n: nº total de aerogeneradores.

c: count visibles.al menos 1 aerogenerador

Modelos desarrollados:

La aplicación se basa en el desarrollo de 4 modelos (*ModelBuilder*):

El esquema del modelo se basa en la operación “Viewshed”:



Diseño de la aplicación:

Diseño
funcional

Se definen las funciones de que dispondrá la aplicación en base a los objetivos definidos.

Modelización

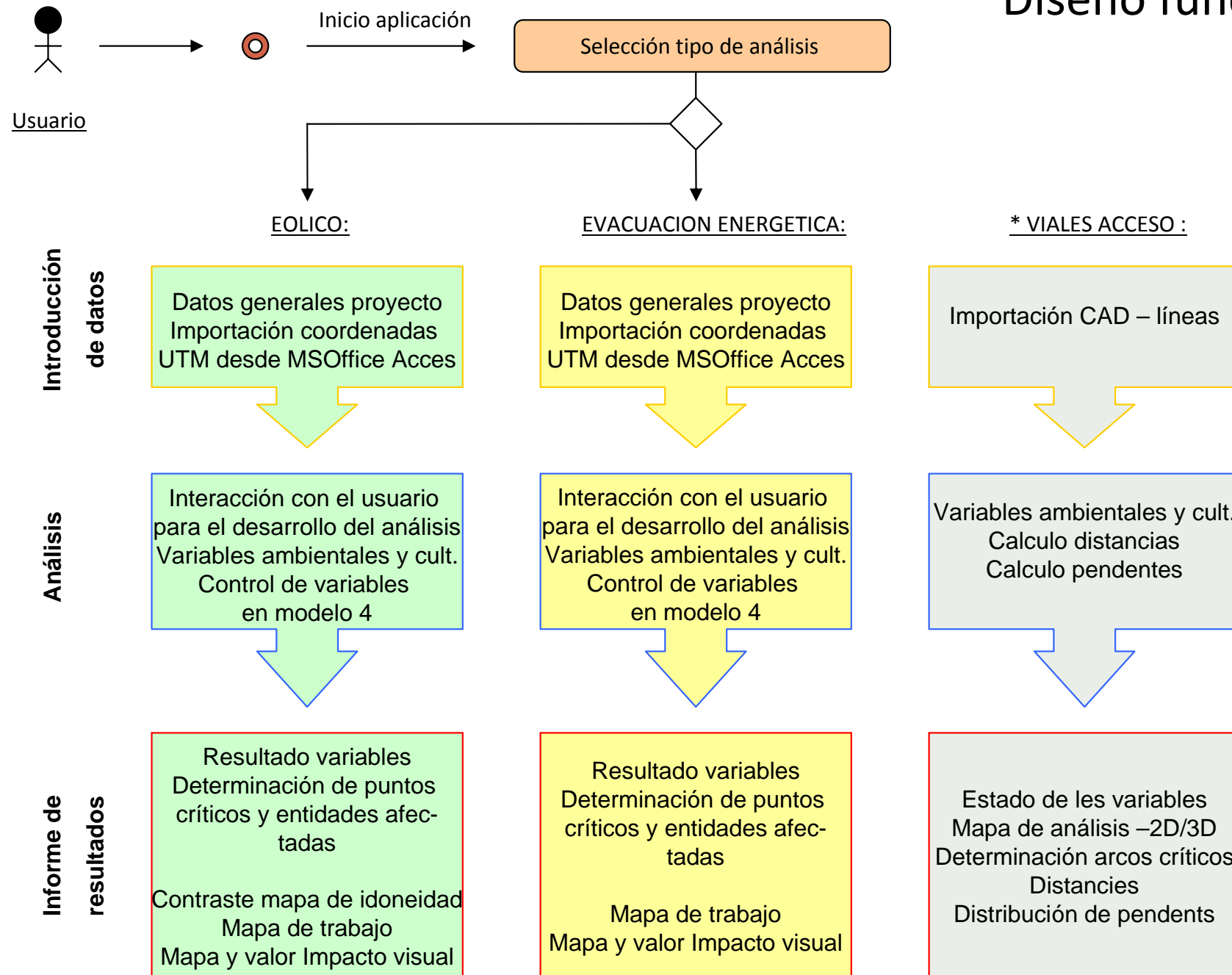
A partir de cada modelo de desarrollado se genera un VBScript exportable.

Diseño Interficie
y programación

Se diseña la interficie, estructura y código (VBA – ArcObjects)

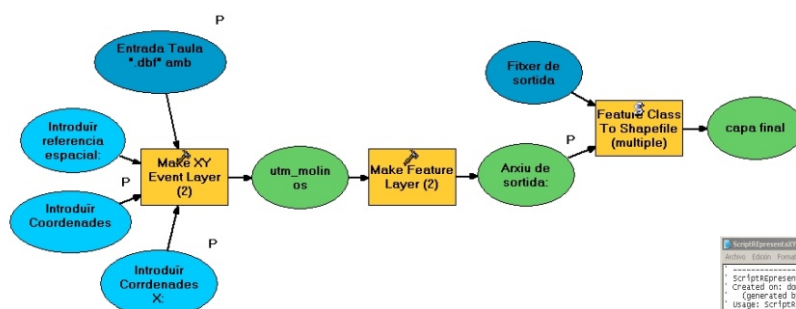
APLICACIÓN AVICEC

Diseño funcional



Exportación de Modelos:

La aplicación directa de modelos al entorno de ArcGis requiere un tratamiento previo:



```

ScriptPresentador.vbs - Bloc de notes
-----
ScriptPresentador.vbs
Created on: dom nov 13 2008 09:47:43
(generated by ArcGIS ModelBuilder)
usage: ScriptPresentador <entrada_taula__dbf__amb_cordenades_de_punts> <introduir_cordenades_x>
<introduir_cordenades_y> <arxiu_de_sortida>
Description:
A partir d'una taula (.dbf) que disposi de coordenades UTM de punts (aerogeneradors / torres
electriques), es genera un shape final amb la representació geogràfica dels mateixos.

-----
Create the geoprocessor object
set gp = arcpy.GeoProcessor("esri:geoprocessing.gp@spatch.1")

Load required toolboxes...
gp.AddToolbox "C:/Archivos de programa/ArcGIS/ArcToolbox/Toolboxes/Data Management Tools.tbx"
gp.AddToolbox "C:/Archivos de programa/ArcGIS/ArcToolbox/Toolboxes/Conversion Tools.tbx"

Script arguments...
entrada_taula__dbf__amb_cordenades_de_punts = wscript.arguments.item(0)
if entrada_taula__dbf__amb_cordenades_de_punts = "" then
entrada_taula__dbf__amb_cordenades_de_punts = "C:/arcgis/Entrades/base de datos acces
molinos.mdb/utm_molinos" 'provide a default value if unspecified
end if

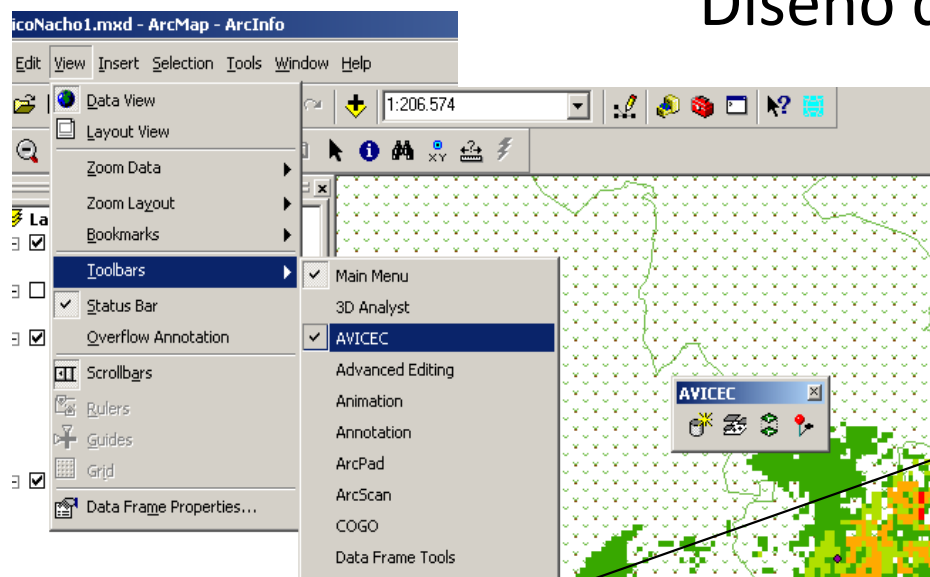
introduir_cordenades_x = wscript.arguments.item(1)
if introducir_cordenades_x = "" then
introduir_cordenades_x = "x_utm" 'provide a default value if unspecified
end if
  
```

El modelo original se exporta a VBScript a través de la aplicación Model Builder

Posteriormente, se traduce y adapta el código a Visual Basic for Applications (VBA)

De este modo, se consigue aplicar los modelos a ArcGis de forma modal, pudiendo intercalar formularios que permitan al usuario interactuar con la aplicación.

Diseño de la Interficie:



La aplicación se inicia mediante una barra de herramientas insertada en el entorno de ArcMap que desarrolla diversos formularios hasta la obtención del resultado final



Inicio del modelo 4

Inicio modelo 1

Inicio modelo 2

Inicio modelo 3

Formulari d'inici al Model 1

MODEL 1: IMPORTACIO TAULA ACCES

Aquest model permet importar una taula de Base de Dades Acces ".mdb", convertint-la en taula dBase ".dbf".

Selecciona la taula a importar

Sortir Acceptar

Formulari d'inici al Model 2

MODEL 2: REPRESENTACIO D'UN SHAPE XY

A partir d'una taula dBase (.dbf) que disposi de coordenades UTM de punts (aerogeneradors / torres elèctriques), es genera un shape final amb la representació geogràfica dels mateixos.

Introdueix les següents dades:

Taula ".dbf" amb les coordenades de punts:

Defineix el camp de coordenades X

Defineix el camp de coordenades Y

Defineix el nom de l'arxiu de sortida

Sortir Acceptar

Formulari d'inici al Model 3

MODEL 3: GEOANALISI GLOBAL

Model complex que engloba diversos geoprocessos obtenint-ne una capa resultant amb el conjunt de dades ambientals delimitada geogràficament per límits municipals.

Introdueix el path de la capa de punts::

Camp amb coordenades UTM X:

Defineix el nom de l'arxiu de sortida:

Sortir Acceptar

Formulari d'inici al Model 4

MODEL 4: IMPACTE VISUAL

Model que, a partir d'un a capa de punts (aerogeneradors) permet calcular l'impacte visual.

Introdueix les següents dades:

Shape de punts (aerogeneradors):

Radi d'estudi (metres):

Punt més alt de l'aerogenerador (metres):

Defineix el nom del fitxer de sortida

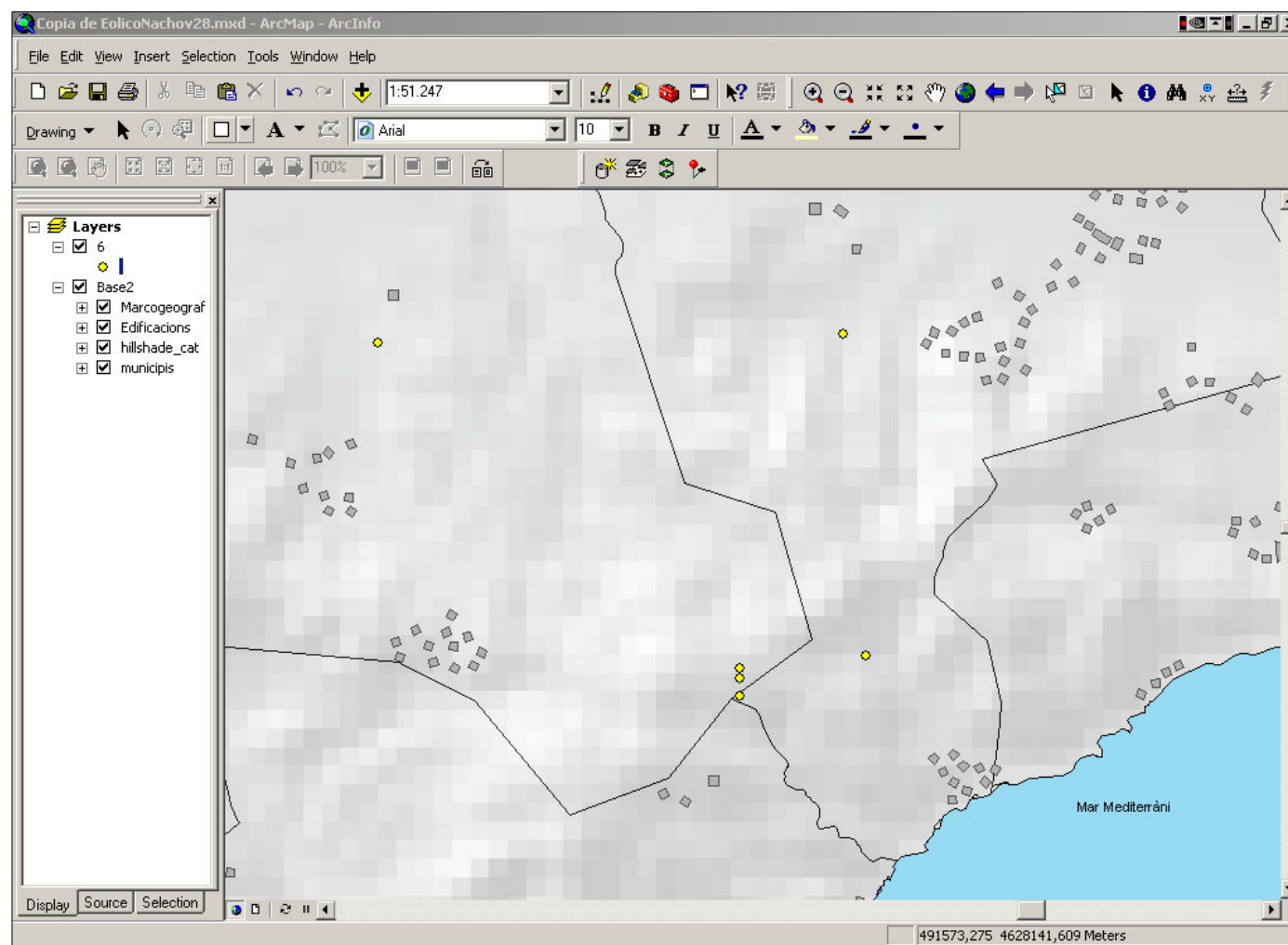
Sortir Acceptar

Resultados Modelo 1 y 2:

Obtención de los puntos problema sobre un mapa base

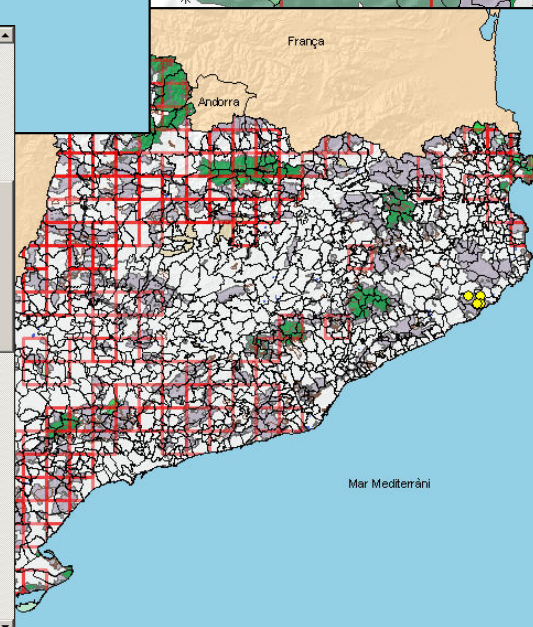
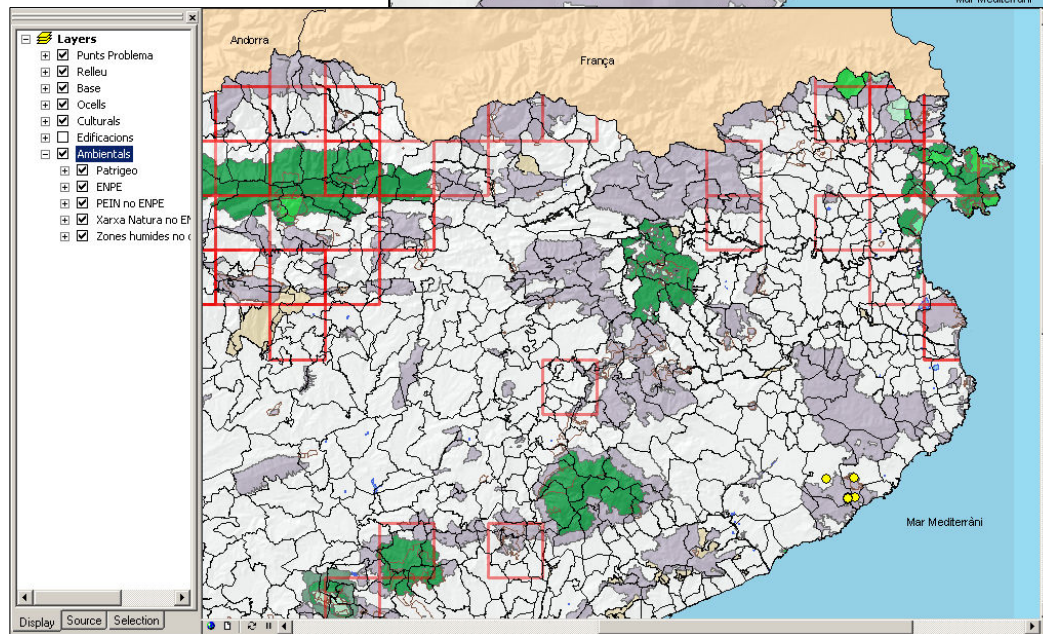
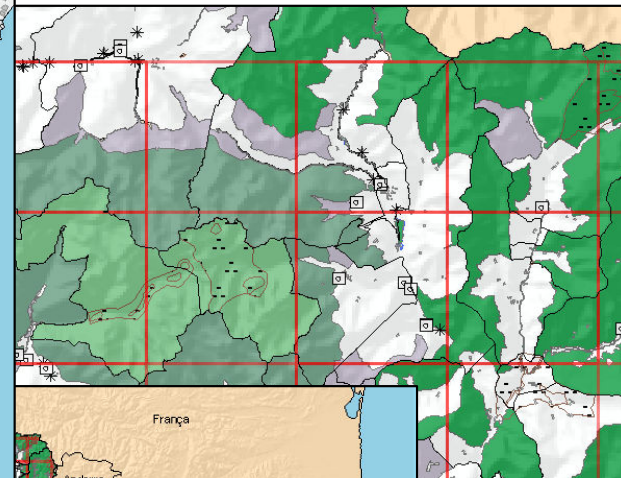
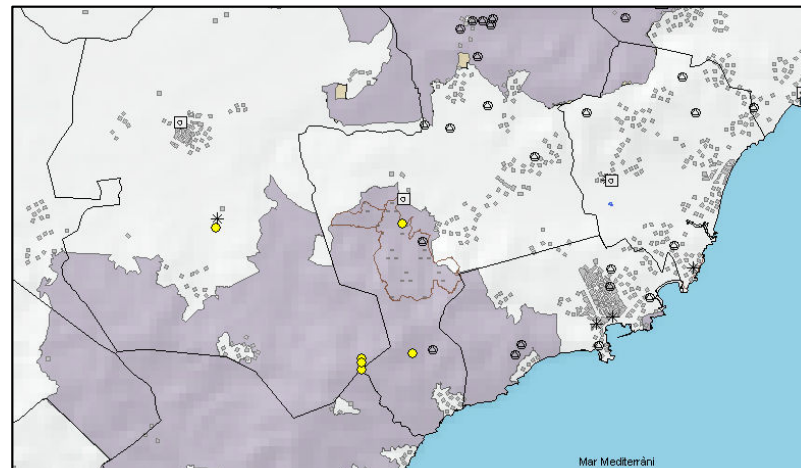
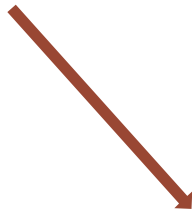


capaout4.dbf



Resultados Modelo 3:

Obtención de resultados gráficos sobre el “data view”: mapa de trabajo

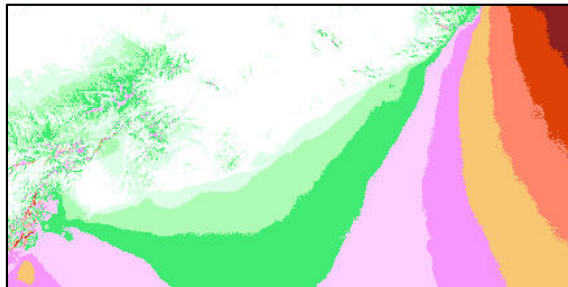


Resultados Modelo 3:

Obtención de resultados gráficos sobre el “layout”: Mapa de Idoneidad

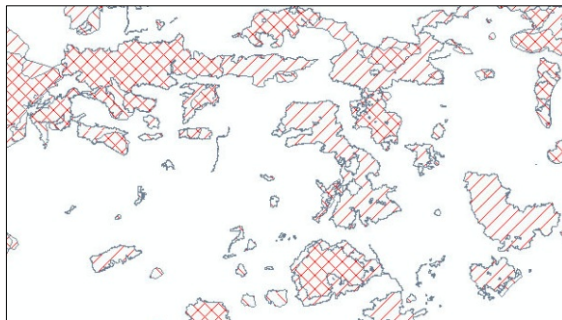


Producto del mapa de vientos de Cataluña y del de viabilidad de implantación de Parques Eólicos (en base a aspectos ambientales y culturales), se genera un Mapa de Idoneidad de implantación de Aerogeneradores.

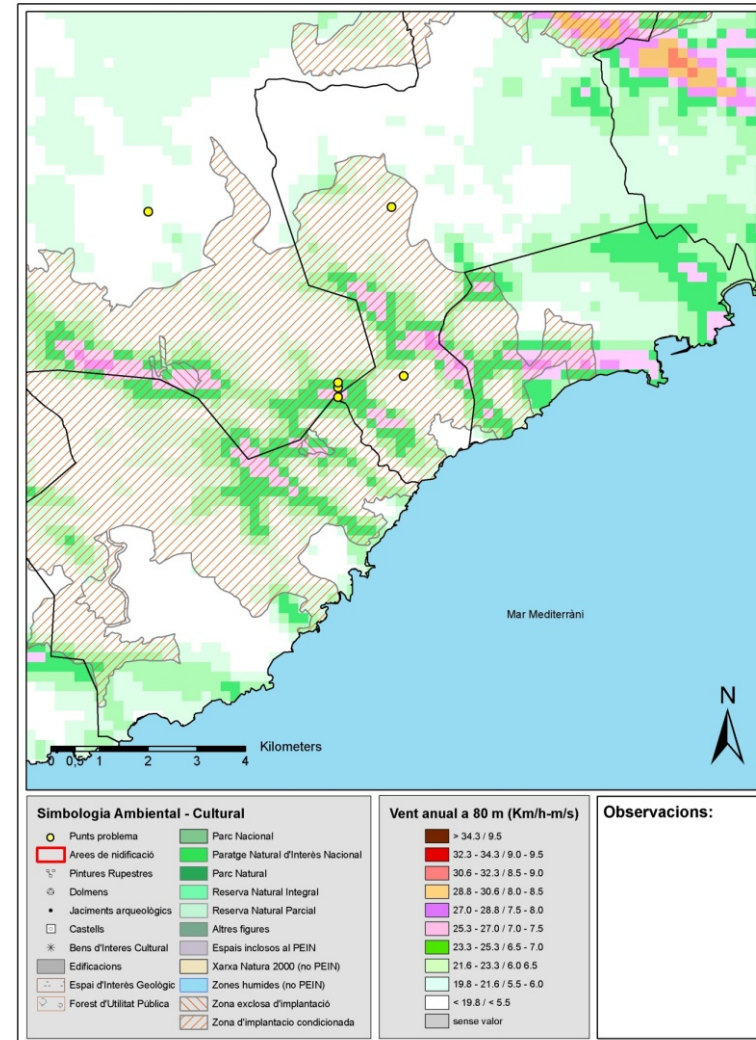


Mapa de vientos de Catalunya

Mapa Viabilidad de Implantación



ANALISI AVICEC



Aplicació per a l'estudi de Viabilitat de Camps Eòlics a Catalunya: AVICEC

INFORME DE VIABILITAT DE CAMPS EOLICS A CATALUNYA: ANALISI DE: Aerogeneradors

A. DADES GENERALS:

Projecte: Parc Eòlic El Masnou
 Promotor: Promociones Eólicas SL
 Municipis: El Masnou / Vilassar de Mar
 Nombre de aerogeneradors: 21
 Potència teòrica del Parc: 3.1 Gw/any

B. ESTUDI DE VIABILITAT:

Informació Ambiental:

Paràmetres Ambientals	Afectació	Entitat	Resultat
Parcs Nacionals	No Afectat	No aplica	VIABLE
Parcs Naturals	No Afectat	No aplica	VIABLE
Paratges Naturals d'interès Nacional	No Afectat	No aplica	VIABLE
Reserves Naturals Integrals	No Afectat	No aplica	VIABLE
Reserva Natural Parcial	No Afectat	No aplica	VIABLE
ZEPA	No Afectat	No aplica	VIABLE
PEIN < 1000 ha	No Afectat	No aplica	VIABLE
Xarxa 2000	No Afectat	No aplica	VIABLE
Franja fronterera amb grans espais naturals	No Afectat	No aplica	VIABLE
Zones humides d'interès internacional	Moli FID nº 6	Estany dels corriols	INVIABLE
Reserves nacionals de caça	No Afectat	No aplica	VIABLE
Bosc inclosos al catàleg de forests d'utilitat pública	No Afectat	No aplica	VIABLE
Zona Vital voltor comú	No Afectat	No aplica	VIABLE
Zona Vital aufrany	No Afectat	No aplica	VIABLE
Zona Vital esparver cendrós	No Afectat	No aplica	VIABLE
Zona Vital xoriguer petit	No Afectat	No aplica	VIABLE
Zona Vital àliga cuabarrada	No Afectat	No aplica	VIABLE
Zona Vital àliga daurada	No Afectat	No aplica	VIABLE
Zona Vital trençalòs	No Afectat	No aplica	VIABLE
Punts d'interès geològic	Moli FID nº 6	Formes granítiques de l'Ardenya	POSSIBLE INVIABLE

Informació Cultural:

Aplicació per a l'estudi de Viabilitat de Camps Eòlics a Catalunya: AVICEC

Paràmetres Culturals	Afectació	Entitat	Resultat
Jaciments arqueològics i paleontològics	No Afectat	No aplica	VIABLE
Conjunts de pintures rupestres de Catalunya	No Afectat	No aplica	VIABLE
Sepulcres megalítics	Moli FID nº 4 6	Proximitat sepulcres megalítics	POSSIBLE INVIABLE
Monuments, conjunts, jardins i llocs històrics de Catalunya	Moli FID nº 6 Moli FID nº 5	Proximitat castell Proximitat bens culturals	POSSIBLE INVIABLE POSSIBLE INVIABLE

Informació Diversa:

Paràmetres varis	Afectació	Entitat	Resultat
Proximitat a nucli habitat	Moli FID nº 5	Proximitat nucli habitat	INVIABLE

Quantificació de l'impacte visual: 23 %

Observacions:

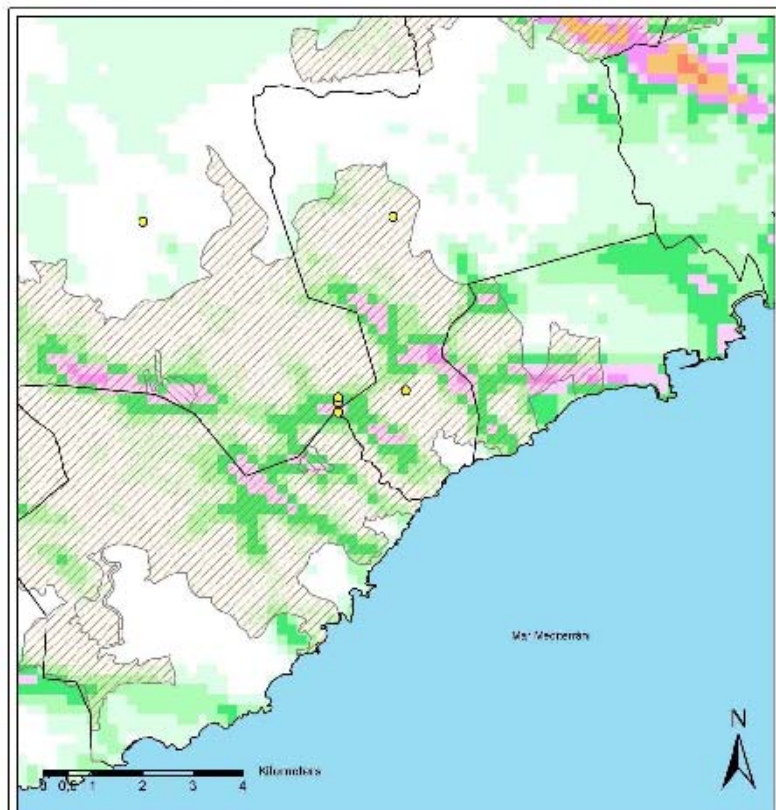
Resultat Final: INVIABLE

- NOTA: Informe fictici generat com a exemple.

Aplicació per a l'estudi de Viabilitat de Camps Eòlics a Catalunya: AVICEC

Aplicació per a l'estudi de Viabilitat de Camps Eòlics a Catalunya: AVICEC

ANALISI AVICEC



Simbologia Ambiental - Cultural

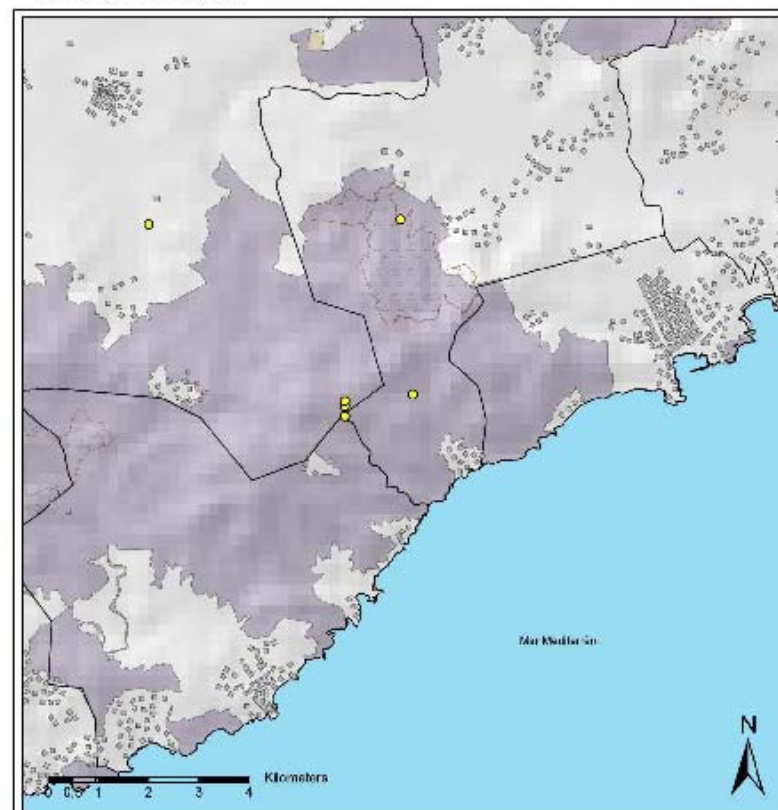
- Parcs i jardins
- Àrees de interès local
- Patrimoni Bèl·lic
- Patrimoni Paisatgic
- Patrimoni Cultural
- Patrimoni Geològic
- Patrimoni Històric
- Parcs i jardins
- Parque Natural d'interès nacional
- Parcs Naturals
- Reserva Natural integral
- Reserva Natural Especial
- Montes sagrats
- Patrimoni arqueològic
- Patrimoni Cultural
- Patrimoni Geològic
- Patrimoni Històric
- Parque Nacional
- Parque Natural Integral
- Parque Natural Especial
- Montes sagrados
- Patrimonio arqueológico
- Patrimonio Cultural
- Patrimonio Geológico
- Patrimonio Histórico
- Zona de protección del patrimonio
- Zona de protección del patrimonio

Vent anual a 80 m (Km/h-mis)

- > 24,2 / 9,5
- 20,0 - 24,2 / 7,3 - 8,5
- 16,0 - 20,0 / 5,7 - 7,3
- 12,0 - 16,0 / 4,3 - 5,7
- 8,0 - 12,0 / 2,9 - 4,3
- 4,0 - 8,0 / 1,4 - 2,9
- < 4,0 / 1,4
- no calculat

Observacions:

ANALISI AVICEC



Simbologia Ambiental - Cultural

- Parcs i jardins
- Àrees de interès local
- Patrimoni Bèl·lic
- Patrimoni Paisatgic
- Patrimoni Cultural
- Patrimoni Geològic
- Patrimoni Històric
- Parcs i jardins
- Parque Nacional
- Parque Natural d'interès nacional
- Parcs Naturals
- Reserva Natural integral
- Reserva Natural Especial
- Montes sagrats
- Patrimoni arqueològic
- Patrimoni Cultural
- Patrimoni Geològic
- Patrimoni Històric
- Parque Nacional
- Parque Natural Integral
- Parque Natural Especial
- Montes sagrados
- Patrimonio arqueológico
- Patrimonio Cultural
- Patrimonio Geológico
- Patrimonio Histórico
- Zona de protección del patrimonio
- Zona de protección del patrimonio

Vent anual a 80 m (Km/h-mis)

- > 24,2 / 9,5
- 20,0 - 24,2 / 7,3 - 8,5
- 16,0 - 20,0 / 5,7 - 7,3
- 12,0 - 16,0 / 4,3 - 5,7
- 8,0 - 12,0 / 2,9 - 4,3
- 4,0 - 8,0 / 1,4 - 2,9
- < 4,0 / 1,4
- no calculat

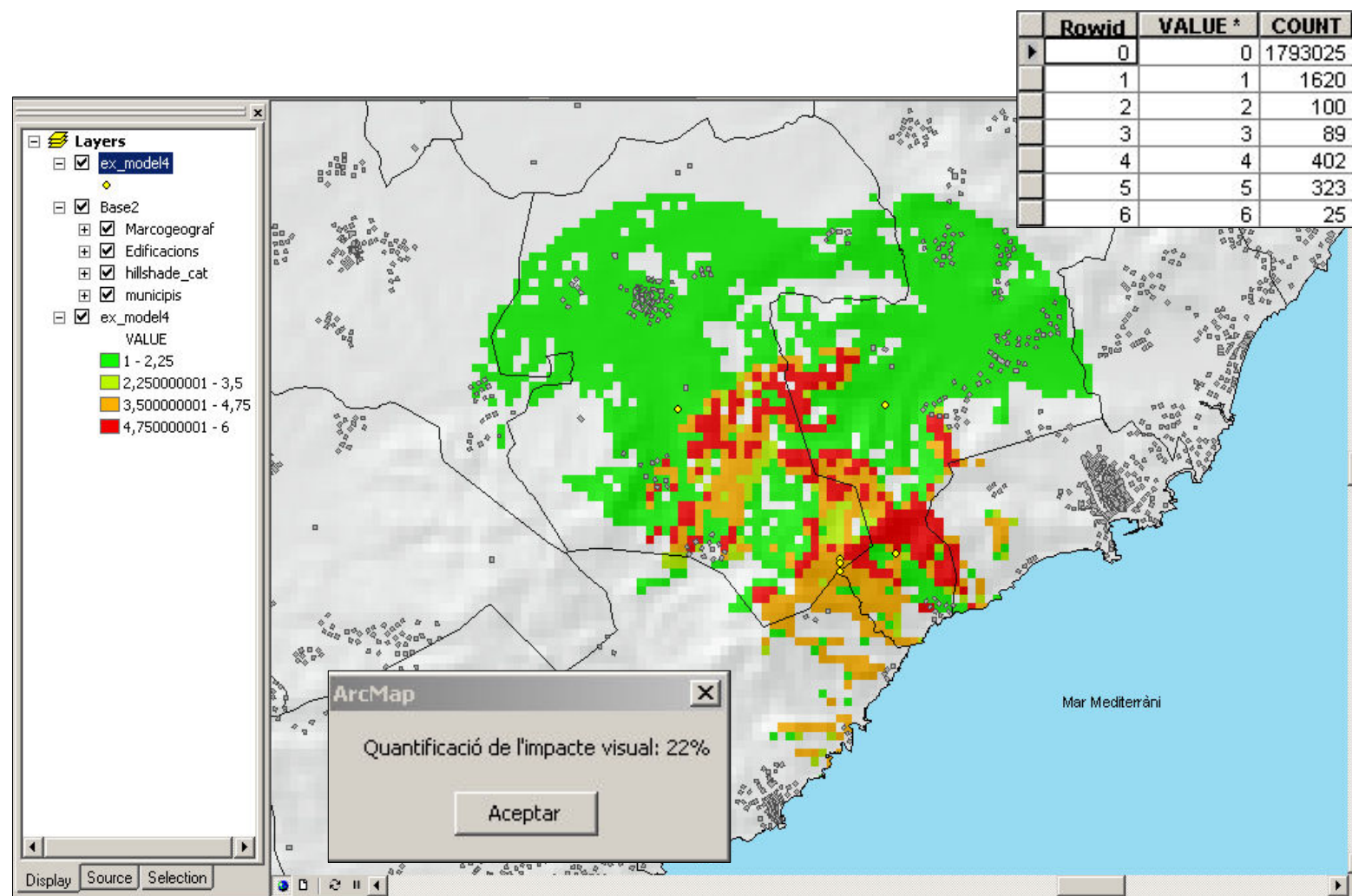
Observacions:

Resultados Modelo 4:

Obtención de resultados gráficos sobre el “data view” y valor de Impacto Visual



Simbolización del número de elementos visibles por cuartiles



Conclusiones:

Se ha desarrollado una aplicación que cumple con las expectativas y objetivos iniciales

- Desarrollar una herramienta dentro de un entorno de trabajo de ámbito general y compatible con el sistema de la DGPAS, como es el caso del software ArcGis 9.2.
- Generación de una aplicación capaz de agilizar y automatizar el análisis de viabilidad de un proyecto eólico:
 - Obtención de un documento final donde de forma clara y rápida se identifiquen todos los parámetros y entidades afectados por el análisis, arrojando un resultado final único que sirva a los técnicos de la DGPAS como herramienta en el proceso de toma de decisiones.

Recomendaciones para una versión posterior

- Se recomienda la introducción de ciertas capas de información que complementarían el análisis (áreas de conexión ecológica o “corredores verdes”, áreas de nidificación de aves de especial interés, rutas migratorias, proximidad a otros parques existentes, etc.
- Desarrollo de una segunda etapa referente al impacto de viales de acceso a los Parques Eólicos.

Bibliografía:

Fuentes de datos consultadas:

- Geodata Sistemas SL:
<http://www.geodata.es/web/index.php>
- Departament de Medi Ambient i Habitatge:
http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/cartografia/fitxes/
- ICC: Institut Cartogràfic de Catalunya:
<http://www.icc.es/web/content/ca/index.html>
- Institut Català d'Ornitologia:
<http://www.ornitologia.org/scoc/cartografia.php>

Bibliografía consultada:

- "Visual Basic 6". Juan Diego Gutiérrez Gallardo. Ed. ANAYA. 416 pg.

Referencias web consultadas:

- ArcObjects: <http://www.elguille.info>
- ArcObjects: <http://arcobjectsonline.esri.com/>
- ArcObjects: <http://support.esri.com/>
- www.rtlinfo.be

Agradecimientos:

Agradecer especialmente el esfuerzo, tiempo y atención dedicados al proyecto, tanto a Miguel Angel Vargas como a José Quiros, miembros del LIGIT.