

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**



**MAESTRÍA EN GEOMÁTICA**

**TÍTULO:**

**LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE HORMIGÓN  
PREMEZCLADO APLICANDO TÉCNICAS MULTICRITERIO EN SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA CIUDAD DE CUENCA**

**Proyecto de graduación previo a la  
obtención del Grado de Magister en  
Geomática**

**Autor:**

**Ing. Karla Cecilia Molina Andrade**

**Director:**

**Ing. Ángel Oswaldo Espinoza Veintimilla**

**CUENCA - ECUADOR  
MAYO – 2015**



## **RESUMEN**

Este estudio se centra en el uso de técnicas multicriterio para la localización de una Planta de Hormigón Premezclado, con el apoyo de sistemas de información geográfica, para lo cual se establecieron variables bajo dos criterios, incluyentes y excluyentes, los mismos que permiten ir discretizando el territorio. Bajo los criterios excluyentes se consideraron todos aquellos factores ambientales que están incluidos en las Normas Ambientales vigentes en nuestro país, Ecuador y particularmente en la ciudad de Cuenca, que es nuestra zona de estudio. Bajo los criterios incluyentes están los factores sociales y económicos: básicamente de servicios básicos y conectividad.

La información obtenida del Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Cuenca que rige al momento la localización de industrias, fue procesada en un software de manejo de información geográfica en una serie de iteraciones de manera que se encontró como resultado 8 predios que cumplieron las condiciones inicialmente planteadas. La mejor opción fue seleccionada mediante un proceso analítico Jerárquico (AHP) propuesto por Saaty.

Como resultado se obtuvo de la herramienta Model Builder del software ArcGis, un modelo de análisis espacial que podría ser empleado en el futuro para la localización idónea de una nueva planta.

**Palabras clave:** Factores excluyentes e incluyentes, iteraciones, Análisis multicriterio, análisis de localización.



## **ABSTRACT**

The present study is focused in the application of multi-criteria techniques to the location of a pre-mixed concrete plant using Geographic Information Systems (GIS). For this purpose two the variables were established following two criteria: exclusive and inclusive. These criteria allow the territory discretization. The exclusive criteria are all the environmental factors included in the Environmental Regulations of Ecuador and particularly Cuenca that is the studied area. The inclusive criteria are social and economic factors such as basic services and connectivity.

The information obtained from the Land Use Plan of Cuenca, that at present governs the industries location, was processed in geographic information management software. From several iterations, 8 properties were found that satisfy the conditions initially established. The best alternative was selected with an analytical hierarchical process (AHP) proposed by Saaty.

As a result was obtained from the ArcGIS Model Builder software tool, a model of spatial analysis that could be used in the future to the ideal location of a new plant

Key words: factors exclusive e inclusive, iterations, multi-criteria

Factores excluyentes e incluyentes, iteraciones, multi-criteria analysis, location analysis



## ÍNDICE DE CONTENIDO

CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR.....	5
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL .....	6
AGRADECIMIENTO.....	7
DEDICATORIA.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT .....	9
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	4
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	12
Situación Actual .....	12
Marco Teórico: .....	17
Condiciones Particulares: .....	23
CAPITULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
Localización: .....	32
Materiales: .....	33
Métodos: .....	33
Procedimiento para la recolección de variables .....	33
Procesamiento de Información:.....	47
CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	62
Análisis Multicriterio .....	62
Aplicación Model Builder:.....	69
CAPITULO 4: CONCLUSIONES .....	72
Bibliografía.....	73



## CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

*Ing. Karla Cecilia Molina Andrade*, autora de la tesis "LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE HORMIGÓN PREMEZCLADO APLICANDO TÉCNICAS MULTICRITERIO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA CIUDAD DE CUENCA", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister en Geomática. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 22 de Mayo de 2015

*Ing. Karla Cecilia Molina Andrade*

C.I: 0302012968



## **CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL**



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

---

*Ing. Karla Cecilia Molina Andrade*, autora de la tesis "LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE HORMIGÓN PREMEZCLADO APLICANDO TÉCNICAS MULTICRITERIO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA CIUDAD DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 22 de Mayo de 2015

*Ing. Karla Cecilia Molina Andrade*

C.I: 0302012968



## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer primero a Dios por brindarme la fuerza necesaria para culminar una importante etapa de mi vida, a la Compañía Industrias Guapán por darme la apertura necesaria, y entregarnos la información para realizar mi tesis; y un agradecimiento especial al Ing. Ángel Oswaldo Espinoza Veintimilla por su tiempo, y conocimientos compartidos para el proceso de este trabajo.

Karla Molina Andrade



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo investigativo a mis padres Víctor Hugo y Nube Cecilia, quienes fueron mi motor y fortaleza durante todo este tiempo. A mi esposo e hijo quienes han fortalecido mi vida espiritual y me dieron el apoyo vital para culminar mi carrera.

Karla Molina Andrade





## INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Localización Zona de estudio .....	32
Mapa 2: Variable Hidrográfica .....	34
Mapa 3: Variable de Centro Poblados .....	35
Mapa 4: Variable de Zonas Protegidas .....	36
Mapa 5: Variable Vialidad.....	37
Mapa 6: Variable Agua Potable .....	38
Mapa 7: Variable Alcantarillado .....	39
Mapa 8: Variable Energía Eléctrica .....	40
Mapa 9: Variable Morfología. Mapa de Pendientes.....	41
Mapa 10: Variable Tamaño de Predios .....	42
Mapa 11: Variable sobre composición del suelo .....	43
Mapa 12: Variable Sismicidad .....	45
Mapa 13. Categorías de Uso de Suelo.....	46
Mapa 14: Cruce de variables excluyentes.....	48
Mapa 15: Cruce de variables incluyentes. Parte I .....	49
Mapa 16: Cruce variable incluyentes. Parte II .....	50
Mapa 17. Análisis 1 .....	52
Mapa 18: Análisis 2 .....	53
Mapa 19: Análisis 3. ....	54
Mapa 20: Análisis 4. ....	55
Mapa 21: Análisis 5 .....	56
Mapa 22: Análisis 6 .....	57
Mapa 23: Análisis 7 .....	58
Mapa 24: Análisis 8 .....	59
Mapa 25: Resultado del análisis.....	60
Mapa 26: Aplicación de la Herramienta Model Builder en Variables Excluyentes .....	69
Mapa 27: Aplicación de la Herramienta Model Builder en Variables Incluyentes y Algebra de Mapas .....	70
Mapa 28: Modelo Resultante.....	71



**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Principales actividades económicas (SENPLADES, 2010). ..... 13

Tabla 2: Incremento Población. (Gobierno Municipal, 2011)..... 16

Tabla 3: Escala de intensidades (Moreno Jiménez, 2001) .....28

Tabla 4: Pesos Ponderados, según variables. ....51

Tabla 5: Predios Resultantes vs. Tamaño de predio .....61

Tabla 6: Pesos propuestos, según variables .....62

Tabla 7: Matriz de Pesos propuesta para el software.....63

Tabla 8: Valores de Pesos según Saaty, calculados.....65

Tabla 9: Matriz de Predios vs. Variables. ....66

Tabla 10: Matriz Predios vs. Variables, con valores máximos.....66

Tabla 11: Matriz Predios vs. Variables, Normalizada. ....67

Tabla 12: Matriz Predios vs. Variables Normalizada, Pesos Saaty .....67

Tabla 13: Matriz de resultados .....68



**INDICE DE GRAFICOS**

Gráfico 1: Actividades económicas relacionadas a la industria de la construcción ..... 12

Gráfico 2: Producción Cemento..... 15

Gráfico 3: Croquis de distribución de una planta de hormigón (EDESACO, 2012) .....20

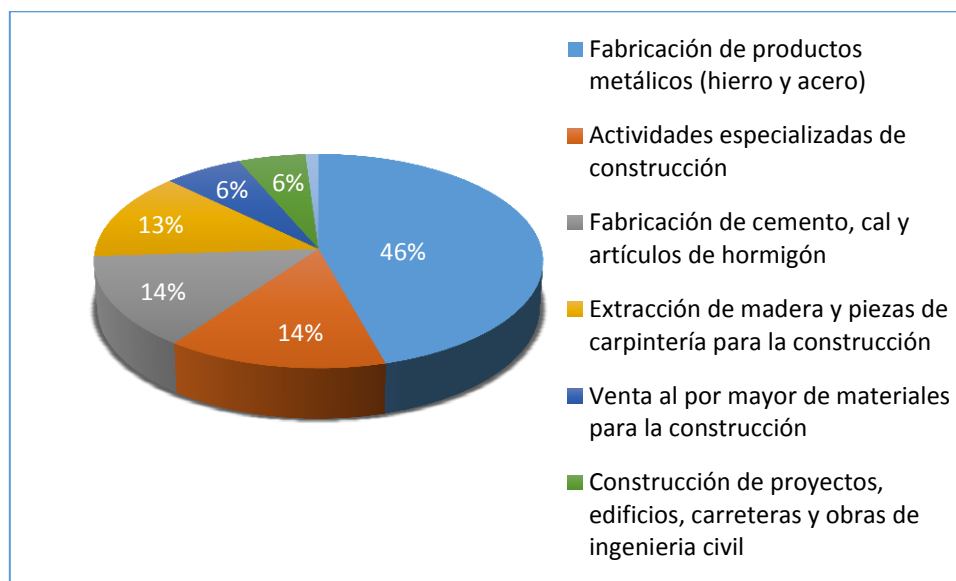
Gráfico 4: Esquema del proceso que sigue una planta de hormigón (EDESACO, 2012) 21

Gráfico 5: Resultados de Software para pesos Saaty. ....63

## CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

**Situación Actual:** A nivel mundial la industria de la construcción es considerada como el mayor empleador del mundo y su importancia dentro del desarrollo económico está relacionado a dos factores: 1. La cantidad de empresas relacionadas y 2. El efecto multiplicador por la mano de obra empleada. Además, la dinámica de este sector tiene que ver con el incremento de la población y con ello la necesidad de una vivienda.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC 2010), a nivel nacional existen 14.366 establecimientos dedicados a la industria de la construcción de las cuales 46% fabrican productos metálicos, el 14% a actividades especializadas de construcción y el 14% a la fabricación de cal, cemento y artículos de hormigón (ver gráfico 1).



**Gráfico 1: Actividades económicas relacionadas a la industria de la construcción**

**Fuente: Censo Nacional Económico, 2010, INEC.**

El aporte al Producto Interno Bruto (PIB) durante el período 2000-2011 por parte de la industria de la construcción ha mantenido un crecimiento sostenido. La participación promedio en este periodo es del 8% siendo el 10% dentro del total del PIB en el año 2011 (INEC, Análisis sectorial, 2012). Dicho crecimiento se evidencia en sus principales materias primas que son el hormigón premezclado, el cemento y barras de hierro (Viteri, 2005). Consecuentemente se hace cada vez más evidente la emisión de



permisos de construcción, los cuales alcanzaron la cifra de 226591 en el último quinquenio 2007-2012 (INEC, 2012).

En la zona de planificación 6 (Azuay, Cañar y Morona Santiago), los sectores más dinámicos son: la construcción, el comercio al por mayor y menor, el transporte, la industria manufacturera y el agropecuario. Específicamente el crecimiento del sector de la construcción *“obedece seguramente a la contribución de las remesas, a juzgar por los cambios en el paisaje urbano y rural, ocasionados por las nuevas construcciones tanto públicas como privadas”* (SENPLADES, 2010, pág. 53).

Principales actividades económicas	Nacional	Zona 6	Azuay	Cañar
Agricultura, ganadería y caza	29%	37%	26%	50%
Industria manufacturera	11%	13%	16%	9%
Construcción	7%	7%	8%	7%
Comercio, reparación de vehículos y efecto personales	20%	16%	19%	13%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	6%	4%	5%	4%
Enseñanza	5%	5%	5%	4%
Otras	23%	18%	21%	13%

Tabla 1: Principales actividades económicas (SENPLADES, 2010).

En la provincia del Azuay el peso de esta industria de la construcción es del 11% durante el 2012 y representa a 1580 establecimientos, de los cuales el 97% se concentran en Cuenca, *“lo que resulta significativo, ya que es un sector fuertemente afectado por el fenómeno migración-remesas”* (Gobierno Provincial, 2011, pág. 19) pues las remesas constituyen un importante ingreso para los habitantes de la provincia

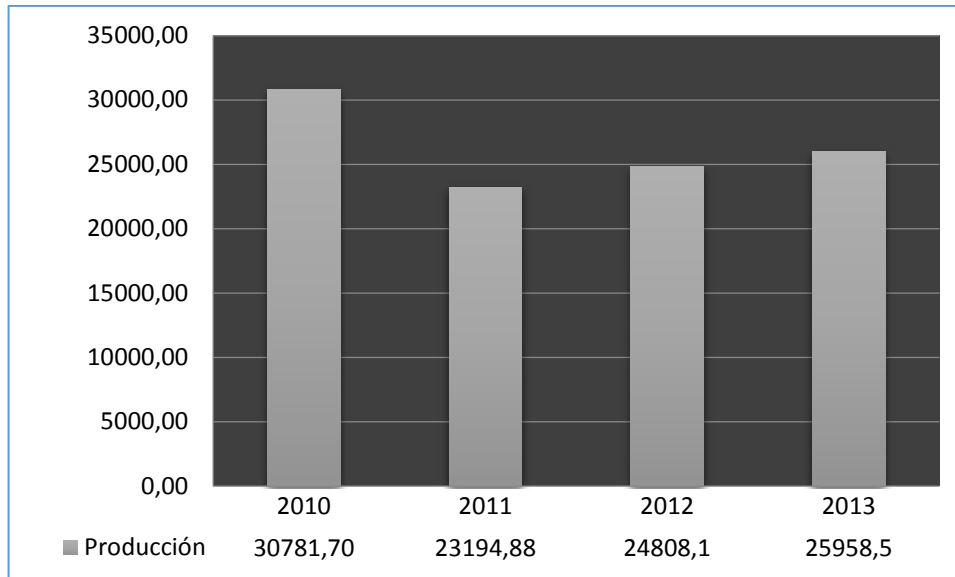


y dinamiza varios sectores productivos, en especial el de la construcción (Gobierno Provincial, 2011) y justamente, uno de los principales materiales para construir es justamente el hormigón (mezcla de pasta de cemento y agregados).

*“El hormigón, se produce a partir de un diseño de mezcla que consiste en la selección de los constituyentes disponibles (cemento, agregados, agua y aditivos) y su dosificación en cantidades relativas para producir, tan económicamente como sea posible, una masa volumétrica con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las propiedades de resistencia, durabilidad, masa unitaria, estabilidad de volumen y apariencia adecuadas” (hormigonfihp, 2013).*

En la actualidad la elaboración del hormigón está dejando en el pasado la preparación manual para ser ahora elaborado en plantas premezcladoras , que son una maquinaria de construcción e ingeniería muy comúnmente utilizadas para mezclar hormigón en las obras de construcción (Shlongji). A través de un hormigón premezclado, el constructor y cliente final aceleran los procesos y tiempos de construcción y aseguran que el hormigón cumpla con especificaciones de diseño requeridas.

En la región austral (Azuay, Cañar, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Loja) la Compañía Industrias Guapán es una empresa que lleva más de 50 años en la producción y comercialización de cemento. Las actividades de la empresa se integran con la producción de hormigón premezclado mediante la implementación de una planta automática de dosificación de concreto con una capacidad nominal para el suministro de 90 metros cúbicos/hora para su distribución en obra. Desde el 2010 al 2013 (hasta el mes de septiembre) el promedio de producción es de 26.185,795 toneladas/año de cemento.

**Gráfico 2: Producción Cemento**

Además, el sector de la construcción es un sector muy dinámico, de alto impacto en el empleo y valor agregado. Es un sector de impacto transversal a otros como turismo y salud (Gobierno Municipal, 2011, pág. 16): ya que del total de empresas del sector secundario en el Cantón Cuenca, el 1,32% corresponden al sector de la construcción que es el que tiene gran impacto en el empleo.

La Compañía Industrias Guapán ejecuta procesos administrativos y operativos para cumplir con éxito los objetivos de optimizar al máximo su producción y de buscar la satisfacción de sus clientes.

Este incremento de la industria de la construcción está relacionado con el aumento de la población. En el caso específico de la ciudad de Cuenca tenemos que la población pasó de 278.995 en el 2001 a 331.888 en el 2010 mientras que en el caso de Azogues pasó de 33.980 a 37.995.

PROVINCIA	CANTONES	POBLACIÓN	TOTAL	PORCENTAJE CIUDAD	PORCENTAJE PROVINCIA
			(M <sup>3</sup> )	%	%
CAÑAR	AZOGUES	37995	15.375,10	61,98%	91,08%
	BIBLIAN	13705	5.806,00	23,40%	
	CAÑAR	18335	1.046,50	4,22%	
	TAMBO	9475	271,00	1,09%	
	SUSCAL	5016	71,00	0,29%	
	DELEG	4433	26,00	0,10%	
AZUAY	GUALACEO	21443	119,00	0,48%	8,92%
	CHORDELEG	6787	164,00	0,66%	
	SEVILLA DE ORO	2245	55,00	0,22%	
	SIGSIG	11170	433,50	1,75%	
	PAUTE	9850	179,00	0,72%	
	CUENCA	331888	1.262,00	5,09%	
	<b>TOTAL</b>	<b>472342</b>	<b>24.808,10</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla 2: Incremento Población. (Gobierno Municipal, 2011)**

Es en este contexto es donde la Compañía Industrias Guapán establece la posibilidad de incrementar la producción de hormigón premezclado en una nueva planta procesadora, la misma que debería estar ubicada en la ciudad de Cuenca de modo de poder cubrir el mercado aquí existente por lo que la selección del sitio debe considerar





la cercanía a obras, las vías de acceso, y el tamaño necesario del predio. y que va a estar destinada a una mayor producción de hormigón.

En la actualidad la ciudad de Cuenca, de acuerdo al PDOT en vigencia, concentra alrededor del 97% de la actividad económica provincial. La ciudad alberga un importante número de empresas en las ramas de comercio, transporte, servicios, industria manufacturera, servicios personales y construcción (Gobierno Municipal, 2011).

Al respecto, en el PDOT del cantón Cuenca se considera que se debe *“estimular la adopción y mejoramiento de los procesos industriales y de la construcción con criterios de eficiencia energética y buenas prácticas ambientales, en la ciudad de Cuenca y áreas de desarrollo (Ricaurte, Baños, El Valle, San Joaquín, Sinincay y Tarqui)”* (Gobierno Municipal, 2011, pág. 53).

### **Marco Teórico:**

El Hormigón:

El hormigón es el servicio que la Empresa Industrias Guapán presenta, consiste en despachar hormigón desde una planta premezcladora al lugar solicitado por sus clientes que se encuentran distribuidos dentro de la región austral. Para la distribución del hormigón se emplean camiones específicamente diseñados para ello, a los que se les conoce como Mixer.

El hormigón es una piedra artificial formada al mezclar apropiadamente cuatro componentes básicos: cemento, arena, grava y agua.

Las propiedades del hormigón dependen en gran medida de la calidad y proporciones de los componentes en la mezcla, y de las condiciones de humedad y temperatura, durante los procesos de fabricación y de fraguado.

Para conseguir propiedades especiales del hormigón (mejor trabajabilidad, mayor resistencia, baja densidad, etc.), se pueden añadir otros componentes como aditivos químicos, microsílíce, limallas de hierro, etc., o se pueden reemplazar sus



componentes básicos por componentes con características especiales como agregados livianos, agregados pesados, cementos de fraguado lento, etc.

El hormigón ha alcanzado importancia como material estructural debido a que puede adaptarse fácilmente a una gran variedad de moldes, adquiriendo formas arbitrarias, de dimensiones variables, gracias a su consistencia plástica en estado fresco.

Al igual que las piedras naturales no deterioradas, el hormigón es un material sumamente resistente a la compresión, pero extremadamente frágil y débil a sollicitaciones de tracción. Para aprovechar sus fortalezas y superar sus limitaciones, en estructuras se utiliza el hormigón combinado con barras de acero resistente a la tracción, lo que se conoce como hormigón armado.

Producción:

El ciclo de producción en términos generales es bastante simple, básicamente se mezcla los insumos en la planta para obtener el hormigón, se traslada el hormigón desde la planta al cliente por medio de camiones mixer, se descarga el material en la obra del cliente y el camión vuelve a la planta, listo para iniciar otro ciclo.

En términos específicos hay variantes. El ciclo se inicia por la mezcla de los tres componentes en una proporción dada que define las características del hormigón. Luego del mezclado, el hormigón es depositado en el "Camión Mixer". La capacidad de estos camiones es diversa y se mide en metros cúbicos.

Antes de salir a destino, el producto, ya en el camión mixer, es regado con agua con el propósito de que al arribar donde el cliente se encuentre en el estado solicitado para facilitar su maniobrabilidad. De esta forma el hormigón se deshidratará más lentamente. Esta etapa del ciclo es conocida como "Pilón" (Montenegro, 2013) y dura aproximadamente 15 minutos. Luego del Pilón, el mixer traslada el hormigón desde la planta a la obra, tratando de cumplir con el rango de tiempo para que el insumo pueda llegar en buenas condiciones, en caso contrario el cliente podría alegar que el producto se encuentra en un estado deficiente para utilizarlo en la obra, pudiéndose ocasionar la anulación de la compra.



Una vez que el mixer arriba a la obra del cliente debe esperar a que cliente lo reciba para poder acceder a la zona de descarga. Las esperas en este son de 15 en promedio. Luego viene la descarga del hormigón etapa que dura aproximadamente 1 hora cuando el camión va lleno (dependiendo de su capacidad). Por último el camión recibe un lavado con agua para eliminar 3 residuos, el lavado dura casi 10 minutos y finalmente tardará 30 minutos más en volver a la planta. El camión debe volver a la misma planta para re abastecerse e iniciar un nuevo ciclo. El mixer viaja más rápido cuando está vacío. Con esto el ciclo dura en total aproximadamente 3 horas, este tiempo es variable pues depende de la distancia a la desde la planta a la obra, un camión mixer realiza entre 3 y 5 ciclos por jornada

Una planta de hormigón constituye un equipo destinado a obtener la dosificación de los distintos materiales que componen los hormigones (Sabaté, 2000) y dada su importancia para la industria de la construcción, el proceso de instalación comprende dos etapas:

- 1) Instalación de la planta: Esta etapa comprende el montaje de la planta dosificadora y que consiste en las siguientes estructuras: oficina de administración, baños y bodega, planta dosificadora, silos de cemento de 45, 50 y 70 Toneladas de capacidad nominal o más, piscinas decantadoras y zona de secado de lodos (escombrera), puente de preparación de cono y zona de acopio para áridos con capacidad para 800 m<sup>3</sup> o más.



Gráfico 3: Croquis de distribución de una planta de hormigón (EDESAECO, 2012)

2) Operación de la planta: Consiste en la operación de la planta y la producción de hormigón en un plazo determinado de tiempo (Eolic, 2011, pp. 6-7).

Según EDESAECO (2012), el proceso de fabricación incluye las siguientes etapas:

- La arena, grava y cemento son colocados en la planta de mezclado por medio de un sistema de cintas transportadoras y descargados en la tolva de alimentación.
- Cada uno de los compuestos mencionados anteriormente es colocado en una tolva con una balanza que determina el peso de los materiales.
- Cuando se ha obtenido la cantidad correcta dentro de la tolva de pesado, el proceso de alimentación es detenido por la computadora.
- Luego, estos materiales son transportados a la mezcladora, donde, junto con una cantidad correcta de agua y aditivo, son mezclados hasta obtener un producto homogéneo.

- El hormigón preparado es descargado en los camiones agitadores debajo del cabezal de espera. El camión agitador, con su tanque de almacenamiento giratorio, permite al cemento mantener su fluidez hasta la entrega en obra.

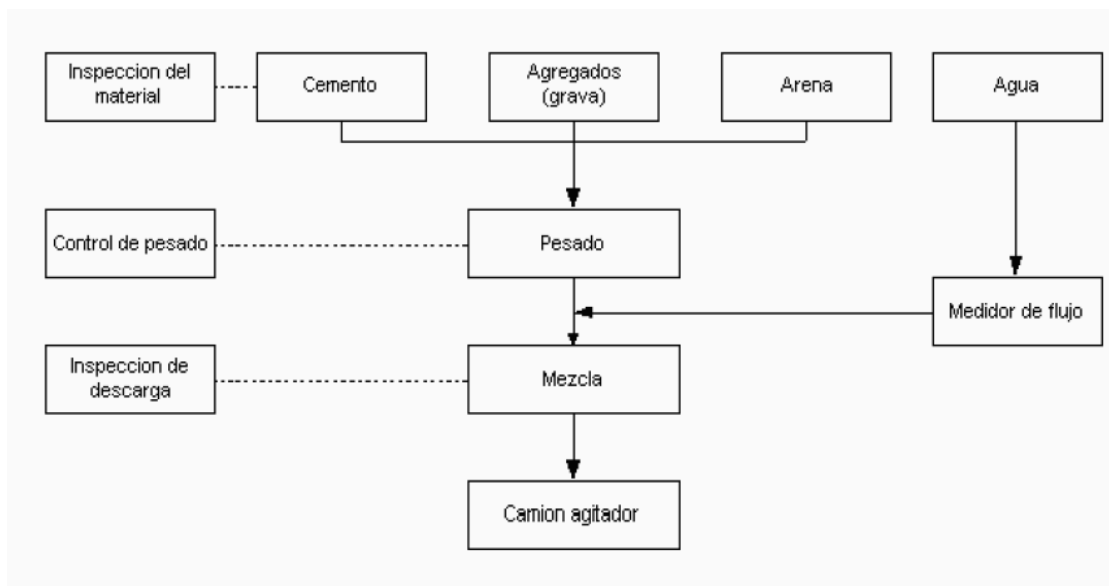


Gráfico 4: Esquema del proceso que sigue una planta de hormigón (EDESAECO, 2012)

A lo que se suma que el proceso de fabricación del hormigón requiere de “*otras operaciones como pueden ser la recepción y almacenamiento de las materias primas, su transporte y puesta en obra*” (De la Santa Barca, 2008, pág. 6).

Una planta de hormigón puede clasificarse según el tipo de hormigón que se produce y según la movilidad de la planta (Ahersan, 2010), así tenemos:

**a) Según el hormigón que se produce:**

- Plantas de mezclado: que permite la producción de hormigón amasado y por tanto Incluyen una amasadora que homogeneizar la mezcla de hormigón.
- Plantas de dosificado: para la producción de hormigón dosificado u hormigón seco. Este tipo de planta no incluye amasadora sino un camión hormigonera.
- Plantas de grava cemento: para la producción de una mezcla semi-seca de grava con cemento. Este tipo plantas realizan la dosificación y pesaje de los componentes en modo continuo.



- Plantas combinadas: para la producción de hormigón amasado y dosificado en una misma planta, mediante la utilización de un sistema de by-passes, que hacen que el hormigón pase por la amasadora o directamente se descargue en el camión hormigonera.
- b) Según la movilidad de la planta:**
- Plantas fijas: son las instalaciones destinadas a un centro productivo con una localización fija.
  - Plantas móviles: son las instalaciones destinadas a trabajar en una obra o proyecto concreto. La estructura de la planta, suele incorporar un tren de rodadura, de manera que se necesita solamente una cabeza tractora para realizar el transporte de las principales partes de la planta.
  - Plantas modulares: aquellas instalaciones destinadas a trabajar en varias localizaciones diferentes a lo largo de su vida útil, al igual que las plantas móviles.

Establecida la taxonomía de las plantas tenemos que, para la empresa Guapán la instalación de la planta de hormigón en Cuenca será de tipo Planta Vertical Fija de Mezclado y debe abarcar un terreno entre 1 y 2 ha, es decir 10.000 y 20.000 m<sup>2</sup>, según Eolic Partners (2011), debe comprender un área de 10.000 m<sup>2</sup>.

Entre las principales consideraciones para su implementación están:

- Cubrir la demanda de producto en la ciudad de Cuenca.
- Aminorar costos de transporte.
- Disminución en el tiempo de respuesta.
- Mejorar el servicio al cliente.

De manera general, la planificación de las inversiones públicas es un ejercicio complejo pues conlleva una amplia variedad de criterios o factores que deben tenerse en cuenta para la ejecución de los estudios o la construcción de obras, aunque básicamente prevalece, en la toma de decisiones, el tema económico (dinero y tiempo) cuando existen otros criterios como los aspectos políticos, sociales y ambientales (Arancibia, Contreras, Mella, Torres, & Villablanca, 2006).



Varias investigaciones sobre la implementación de infraestructura se remontan al análisis de rellenos sanitarios más que al tema específico de plantas hormigoneras y encuentran su especificidad en la elaboración de guías y documentos técnicos que buscan establecer lineamientos para su puesta en marcha como mantenimiento. Estos estudios sugieren considerar una serie de criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales.

Entre los diversos informes y/guías (Brak, 2007; Jaramillo & Liliana, 2008; Röben, 2002; Agua, 2010) predomina la premisa del cuidado ambiental, la reducción de riesgos de contaminación y la contribución al desarrollo humano en la medida que su emplazamiento puede activar recursos económicos, mejorar los servicios básicos e incluso fomentar un mayor acceso a diversos servicios.

### Localización

Con el fin de justificar la localización de la planta hormigonera se va a realizar un estudio dentro del cantón Cuenca donde se podría ubicar la nueva planta. La localización adecuada de la planta puede determinar el éxito o fracaso de un negocio. Por ello, la decisión de donde ubicar el proyecto obedecerá no solo a criterios económicos, si no también a criterios estratégicos, institucionales. Con todos ellos, sin embargo, se busca determinar aquella localización que maximice la rentabilidad del proyecto.

### Factores de Localización:

Se van a estudiar factores específicos, cercanos a la realidad, con el fin de escoger la ubicación óptima en el que se pretende implantar la planta premezcladora de hormigón. Se tendrán en cuenta los siguientes factores divididos en factores ambientales, técnicos, económicos y sociales valorando la ponderación de cada uno en función de las necesidades de la Empresa Industrias Guapán.

### Condiciones Particulares:

Al respecto, la *Guía para la Implementación, operación y cierre de los rellenos sanitarios* (Agua, 2010) desarrollada por el Ministerio del Ambiente de Bolivia detalla los siguientes criterios:





### Factores Ambientales:

- Presencia de aguas superficiales: su presencia puede causar deslizamientos del terreno y aumenta la cantidad de aguas lixiviadas.
- Proximidad a áreas habitadas: Este criterio es muy importante considerando la molestia causada por las emisiones procedentes del manejo de productos pulverulentos (cemento) y procedentes del tránsito de vehículos y maquinaria (emisiones de partículas, gases de escape y ruido). Las emisiones de una planta de hormigón se caracterizan por *“ser consideradas como “inmisiones”, dado que las partículas contaminantes (“polvo”) se mantienen a nivel de suelo y se depositan en zonas muy cercanas al lugar de generación”*. (De la Santa Barca, 2008, pág. 7)
- Morfología del terreno: aquellas áreas con vistas panorámicas o con alto valor turísticos deben evitarse para la implementación de obras de infraestructura.
- Existencia de áreas protegidas: la distancia que debe respetar una planta hormigonera es de 1000 m, para no dañar al equilibrio ecológico con las emisiones de la planta y el tráfico de los vehículos mixers transportadores de hormigón.

### Factores Técnicos:

- Morfología del terreno: Se prefiere la construcción en terreno plano o ligeramente inclinado; entre 3 - 12 %. La topografía del terreno decide sobre la evacuación de las aguas de lluvia y de desechos con pendiente natural. Es también un factor económico importante, puesto que determina la cantidad de excavación y nivelación del terreno que se debe hacer.
- Estructura y composición del suelo: Se prefieren sitios con suelos con alto contenido de arcilla ya que éste determina el grado de impermeabilidad que puede proporcionar el suelo natural, este contenido de arcilla es muy importante para evitar posibles contaminaciones a aguas subterráneas. El grado de permeabilidad del suelo determinará también el costo de las medidas constructivas que se deben tomar para minimizar esta contaminación. recomienda tener suelos con permeabilidad  $< 10^{-6}$  cm/seg. y espesores mayores a 1 metro.





- Condiciones sísmicas: Está prohibida la ubicación de sitios de confinamiento de residuos sólidos en zonas sísmicas, en zonas potencialmente sísmicas, en áreas de fallas geológicamente activas y en áreas volcánicas activas.

#### Factores Económicos:

- Vialidad: Se deberá contar con vías de acceso al sitio seleccionado ya que el costo de apertura y acondicionamiento de estos elevará el presupuesto o inviabilizará el proyecto por derechos de vías y expropiaciones.
- Infraestructura existente: Se debe dar preferencia a sitios con infraestructura ya existente como servicios básicos (agua, luz, alcantarillado), pues esto minimizará los costos de hacer llevar estos servicios.

#### Factores Sociales

- Uso actual del terreno y sus colindancias: Se debe verificar que los terrenos no cuenten con uso productivo actual, se preferirán áreas improductivas y mineralizadas por procesos erosivos, así mismo verificar en planes de ordenamiento territorial del Municipio las actitudes que tiene la zona de crecimiento si será urbano, agrícola, industrial, de acuerdo a las actividades que ya se desarrollan en los predios colindantes al sitio.
- Propiedad del terreno en cuestión (pública o privada): Este criterio se refiere a la facilidad de adquirir el terreno que se intenta utilizar. Es tan importante la propiedad jurídica como las condiciones de venta del terreno. Si se presentan dificultades jurídicas con la compra del terreno (resistencia de los propietarios, incertidumbre concerniente a los títulos de propietario etc.), la construcción del relleno sanitario se puede postergar por un lapso importante.

La localización de una planta de hormigón en el territorio es una decisión compleja en cuanto se debe considerar una serie de criterios así como las diferentes posiciones de los actores y por tanto un conjunto de alternativas que según sea el criterio a considerar pesará sobre otra alternativa.

Un proceso de decisión implica la comparación entre las alternativas y el comparar en la necesidad de realizar mediciones que permitan aplicar los criterios de comparación.



En este proceso es necesario poseer “una escala de evaluación común...que caracterizar los elementos bajo un mismo patrón de comparación pudiendo de esta manera establecer relaciones entre ellas” (Arancibia, Contreras, Mella, Torres, & Villablanca, 2006, pág. 5)

Un método que permite justamente la toma de decisiones es la evaluación multicriterio. Es un método que ayuda a orientar la toma de decisiones a partir de varios criterios para así emitir un juicio comparativo entre proyectos o medidas heterogéneas. (Fernández, 2000). La particularidad de este método “*está en la forma de transformar las mediciones y percepciones en una escala única, de modo de poder comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad*” (Arancibia, Contreras, Mella, Torres, & Villablanca, 2006, pág. 6).

Método toma de decisión con factores cualitativos y cuantitativos:

Este método consiste en definir los principales factores determinantes de una localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, para lo cual se trabajara con técnicas multicriterio.

Las Técnicas de Decisión Multicriterio comprenden un conjunto de herramientas y procedimientos para resolver problemas de decisión y donde intervienen diferentes criterios. Según el tipo de información existente las técnicas multi criterio pueden clasificarse en:

- 1) Técnicas sin información a priori (generadoras): Son aquellas en las que el flujo de información va desde el analista al decisor. Entre estas técnicas destacan: el método de ponderaciones, el de la restricción y el simple multicriterio.
- 2) Técnicas con información a priori: El flujo de información es en el sentido contrario, del decisor al analista.
- 3) Según el número de alternativas que tenga el problema: finito o infinito.

3.1. Si el conjunto de alternativas es infinito se suelen aplicar aproximaciones basadas en optimización, en las que se supone que los distintos objetivos pueden ser expresados en un denominador común mediante intercambios.



Destacan en este apartado los métodos de Programación por Compromiso o Programación por Metas.

3.2. Si el conjunto de alternativas es discreto, hacemos la siguiente diferenciación: métodos de agregación, métodos basados en relaciones de orden y métodos de Superación.

4) Técnicas interactivas: Dentro de este conjunto de métodos, los más utilizados han sido: STEM y Método de Ziots-Wallenius. (Arancibia, Contreras, Mella, Torres, & Villablanca, 2006)

Una de las metodologías multicriterio más utilizadas y que se sustenta en fundamentos matemáticos es el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process: AHP) y que se basa en la “medición de preferencias por agregación de criterios y aleatorios” (Arancibia, Contreras, Mella, Torres, & Villablanca, 2006, pág. 7)

El Proceso Analítico Jerárquico es una teoría general sobre juicios y valoraciones que, basada en escalas de razón, permite combinar lo científico y racional con lo intangible para ayudar a sintetizar la naturaleza humana con lo concreto de nuestras experiencias capturadas a través de la ciencia.

El desarrollo de AHP, plantea:

- (1) Utilizar jerarquías o redes para representar los aspectos relevantes del problema, esto es, los escenarios, actores, criterios y alternativas, así como las interrelaciones entre los actores y las dependencias entre los factores considerados, nos da una visión más próxima a la realidad.
- (2) Utilizar la escala fundamental propuesta por Saaty {1,3,5,7,9} para incorporar los juicios o valoraciones del decisor. Esta escala, estrictamente positiva, permite eliminar las ambigüedades que el ser humano tiene al comparar elementos en la proximidad del cero o del infinito.
- (3) Desde un punto de vista calculista (Saaty, 1980), a diferencia de otras técnicas multicriterio, AHP permite, dentro del propio proceso de resolución, evaluar analíticamente (matemáticamente) la consistencia del decisor a la hora de emitir los juicios.



Metodología:

Se proponen tres etapas en su formulación inicial (Saaty, 1980):

1. Modelización: se propone una estructura en la que se represente los aspectos más relevantes como factores, criterios, elementos e interdependencias y sus prioridades
2. Valoración: se incorporan las preferencias, gustos y deseos de los actores mediante los juicios incluidos en las denominadas matrices de comparaciones pareadas. Estas matrices cuadradas  $A=(a_{ij})$  reflejan la dominación relativa de un elemento frente a otro respecto a un atributo o propiedad en común. En particular,  $a_{ij}$  representa la dominación de la alternativa  $i$  sobre la  $j$ . En su construcción se plasma el pensamiento y el proceder del profesor Saaty al medir aspectos intangibles.

Saaty (1980), como ya se ha mencionado, propone la utilización de una escala fundamental para establecer los valores (juicios) correspondientes a las citadas comparaciones. Considerando un rango de valores entre 1/9 y 9 evita el problema que se plantea cuando se realizan comparaciones relativas, o si se prefiere razones, entre elementos con valores que van de cero a infinito como en las fórmulas matemáticas habituales.

La escala fundamental para representar las intensidades de los juicios es:

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio
3	Moderadamente más importante un elemento que el otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro
5	Fuertemente más importante un elemento que en otro	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro.
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro,	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible

Tabla 3: Escala de intensidades (Moreno Jiménez, 2001)

Los valores 2, 4, 6 y 8 suelen utilizarse en situaciones intermedias, y las cifras decimales en estudios de gran precisión.

3. Priorización y Síntesis: proporciona las diferentes prioridades consideradas en la resolución del problema: prioridades locales; prioridades globales y prioridades totales. En general, se entiende por prioridad una unidad abstracta válida para cualquier escala en la que se integran las preferencias que el individuo tiene al comparar aspectos tangibles e intangibles. Las prioridades locales, esto es, las prioridades de los elementos que cuelgan de un nodo común, están medidas en escalas de razón de las magnitudes relativas, y se obtienen a partir de la matriz recíproca de comparaciones pareadas.

Cuando se dispone de una escala, las prioridades relativas de los elementos que cuelgan de un nodo son conocidas directamente. En este caso, la matriz recíproca de comparaciones pareadas,  $W = (w_i/w_j)$ , queda como:

$$\begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix}$$

Saaty permite obtener según su sumatoria el resultado más recomendable

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij}$$

$r_i$  es el nivel de adecuación de la alternativa  $i$

$w_j$  es el peso del criterio  $j$

$v_{ij}$  es el valor ponderado de la alternativa  $i$  en el criterio  $j$

Las técnicas de evaluación multicriterio se remontan a las áreas de Economía y Ciencia Política (Romero 1993, Barba Romero & Pomerol 1997) para luego ser utilizados en dentro de las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (Barredo 1996, Eastman 1993). (Bosque & García, 2000)



Su uso en este campo, SIG, facilita trabajar con diversas variables incluida las territoriales. El análisis multicriterio, dada la posibilidad permite de combinar y valorar simultáneamente los criterios (las bases para la toma de decisión) con sus factores (los aspectos que los fortalecen o los debilitan) a través del manejo de sus atributos (las variables) dentro de unas determinadas reglas de decisión y valoración (Barredo, 1996).

Las técnicas de evaluación multicriterio y el uso del SIG facilita valorar la capacidad del territorio en relación con ciertas funciones o actividades (Ocaña & Galacho, 2002), para lo cual hemos establecido algunos criterios. Su uso permite establecer la selección del sitio, en este caso, del sitio donde se emplazaría la planta de hormigón premezclado de la Industria Guapán en Cuenca.

“El uso más habitual de la EMC dentro de un SIG se corresponde con la selección del lugar o lugares más adecuados para situar alguna de las actividades humanas. Utilizando para ello gran número de criterios que se pueden considerar incidentes en la validez y adecuación de la decisión” (Bosque & García, 2000, pág. 5)

De manera general la Evaluación Multicriterio permite:

- a) Ponderar impactos ambientales provocados por el accionar humano, a partir de variables naturales y antrópicas.
- b) Construir escenarios que permitan disminuir la incertidumbre en relación a la toma de decisiones.
- c) Evaluar alternativas. (Valpedra, 2004)

La combinación de las Técnicas de Evaluación Multicriterio y los Sistemas de Información Geográfica “facilita encontrar las mejores localizaciones para situar los distintos usos del suelo que deseamos realizar en una región”. (Jiménez & Cardozo, 2012, pág. 4) En este sentido, permitirá en este estudio cumplir con el objetivo general que es identificar el área más apropiada para la implantación de una Planta Procesadora de Hormigón Premezclado en la ciudad de Cuenca, mediante las técnicas



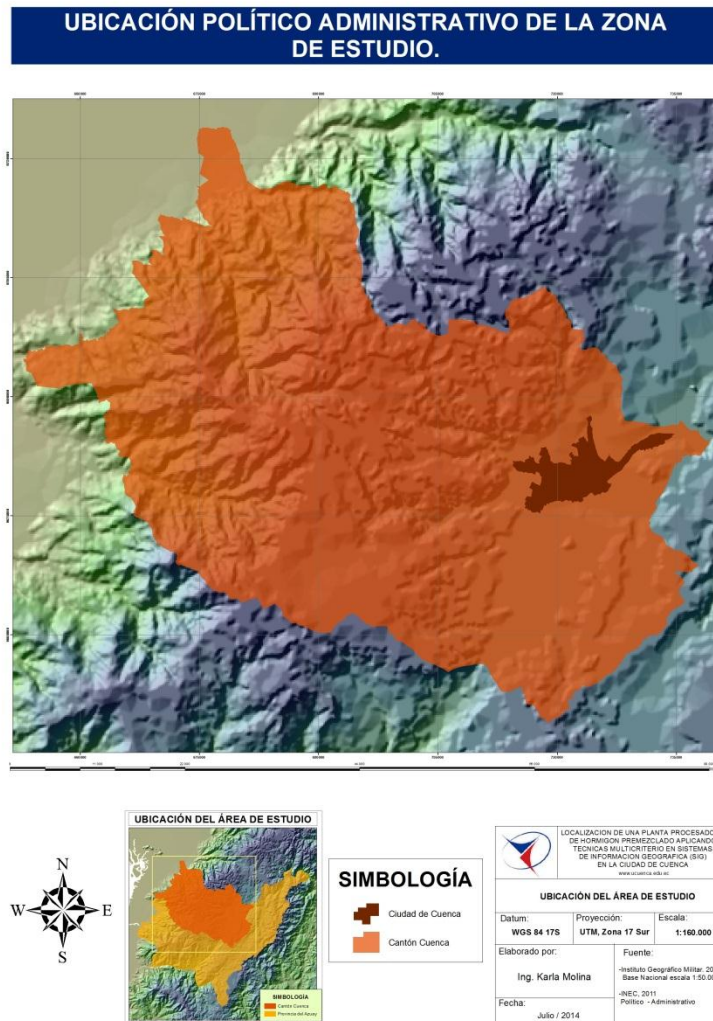
multicriterio y SIG a través de las herramientas “model builder” para el análisis espacial. Lo que sin duda, implica un proceso analítico.

El resultado será un mapa generado en la aplicación Molder Builder del ArcGis, que contenga como atributos todas las variables analizadas. Con lo que se genera un mapa Ráster de uso de suelo.

## CAPITULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización:

El área para la realización de este trabajo fue la Provincia del Azuay en su zona Norte, explícitamente en el Cantón Cuenca, debido a los requerimientos de la Empresa Industrias Guapán, quienes de acuerdo a su estudio de mercado pidieron se realice en esta Zona.



Mapa 1: Localización Zona de estudio





## **Materiales:**

Para la búsqueda y recolección de información se usaron los siguientes criterios:

- Mejor resolución espacial.
- Mejor resolución temporal (mas actualizadas)
- Información de fuentes oficiales, como es el IGM, Municipalidad de Cuenca, Sistema Nacional de Información, proyectos en la zona de estudio como CG Paute; bases nacionales como Almanaque electrónico Ecuatoriano, SIISE, Infoplan, MAE. MAGAP, entre otros.

## **Métodos:**

**Procedimiento para la recolección de variables:** Aplicando selecciones por localización (de las bases de datos oficiales), utilizando Geoprocessing con su herramienta “Buffer”, hemos descartado la información que no va a ser necesaria, además la hemos territorializado a nivel cantonal, haciendo dos tipos de consideraciones:

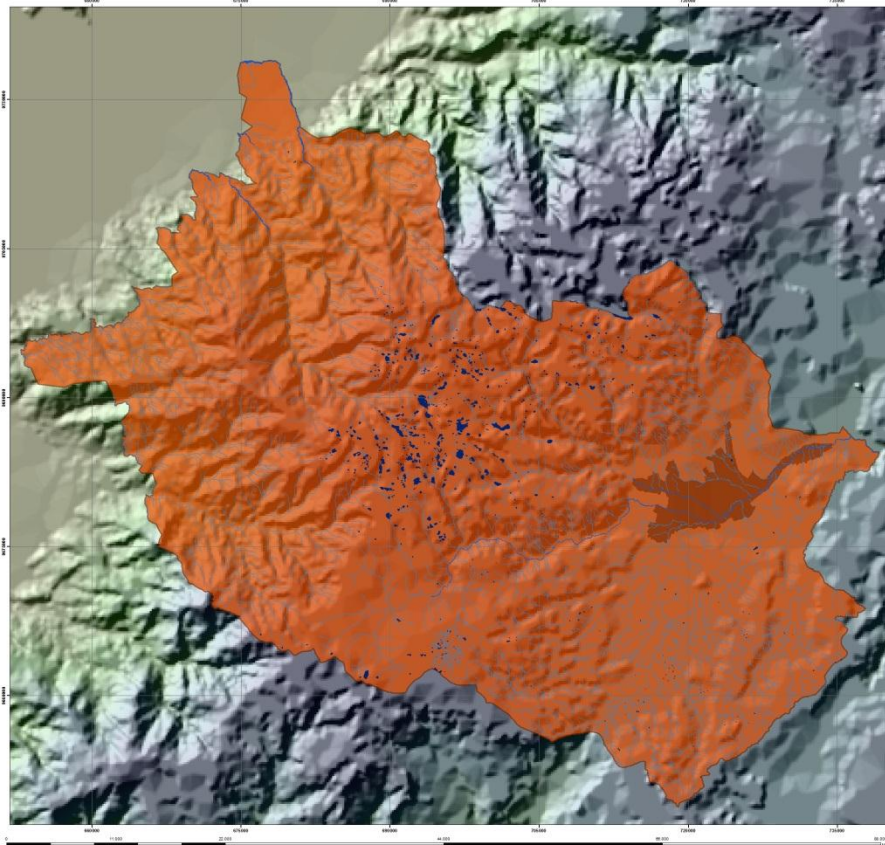
### **1.- Criterios Excluyentes:**

#### **Factores Ambientales:**

- **Aguas Superficiales:** considerar que los predios no contengan cursos de agua en su interior y que estén a cierta distancia para evitar deslizamientos, inundaciones, etc.
- **Distancia a ríos principales:** 50 m. Considerados desde del eje.

- Distancia a quebradas: 15m. Considerados desde el eje.

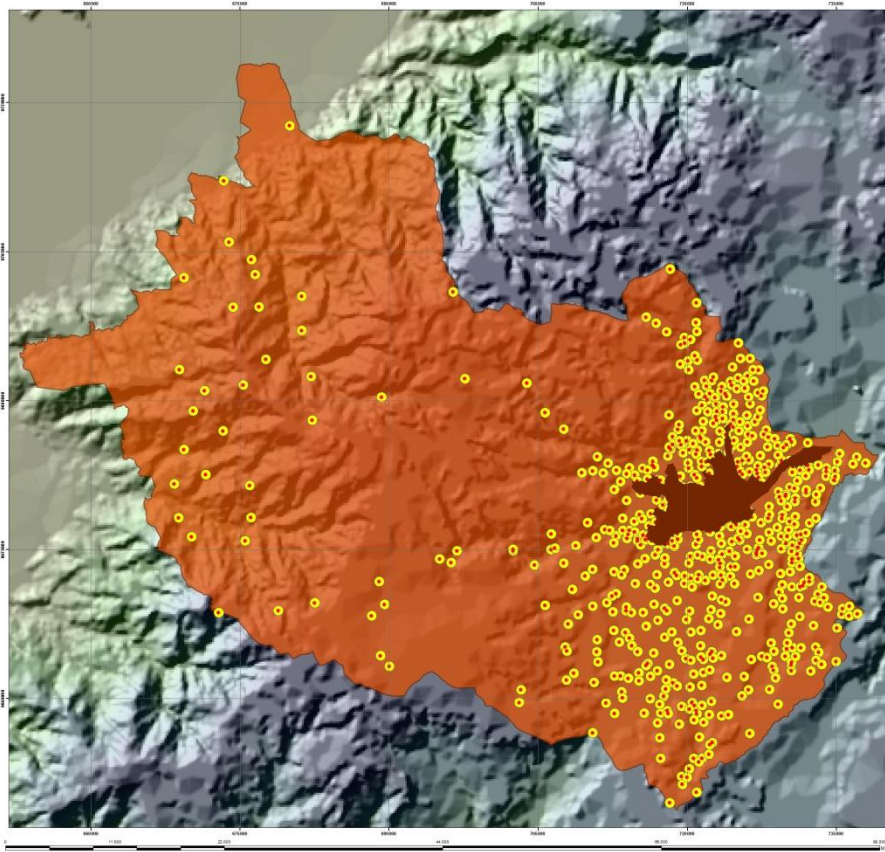
**VARIABLES DE ANÁLISIS: RÍOS PRINCIPALES BUFFER 50 M  
RÍOS SECUNDARIOS BUFFER 15 M.**



**Mapa 2: Variable Hidrográfica**

- Áreas Habitadas: considerar las zonas habitadas es decir los asentamientos humanos como les caracteriza el PDOT de la ciudad de Cuenca se encuentren a una distancia de al menos 500m. de su perímetro.

**VARIABLES DE ANÁLISIS: CENTROS POBLADOS CON BUFFER DE 500 m.**

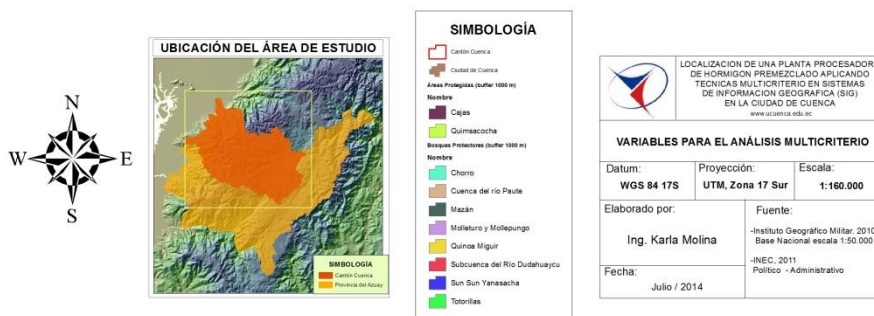
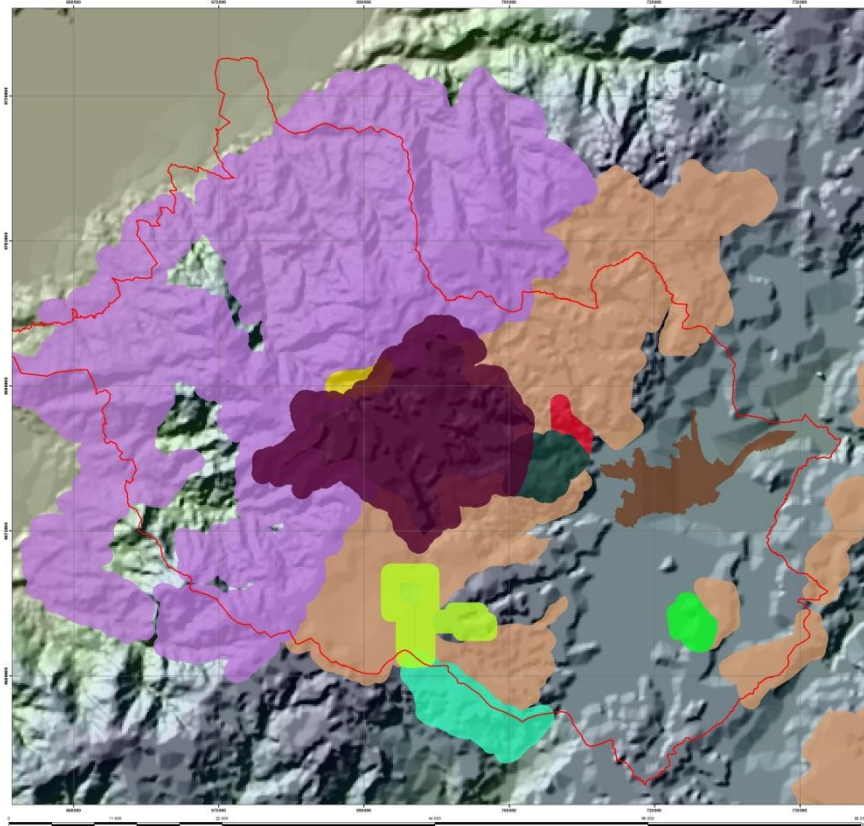


**Mapa 3: Variable de Centro Poblados**



- Barreras Naturales: en este criterio se debe descartar que el predio se encuentre en una zona protegida, es decir que no se encuentre dentro de Bosques Protegidos o áreas patrimoniales. Además debe ubicarse a 1000m para no dañar el equilibrio ecológico.

**VARIABLES DE ANÁLISIS: ÁREAS PROTEGIDAS Y BOSQUES PROTECTORES CON BUFFER DE MIL METROS.**



**Mapa 4: Variable de Zonas Protegidas**

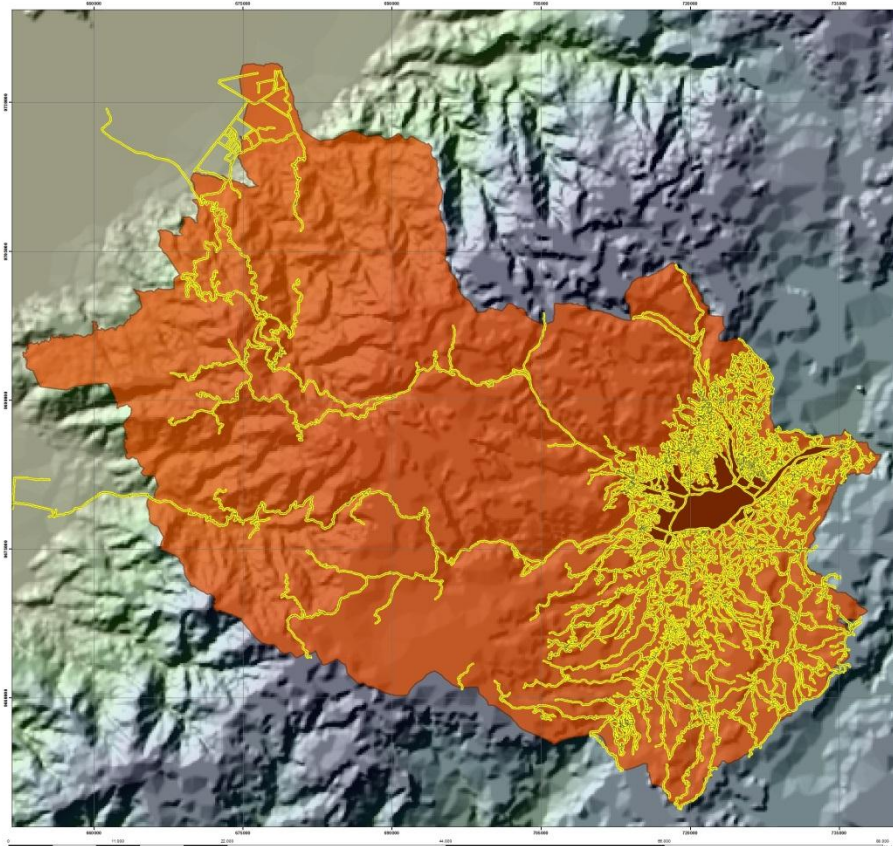
- Cercano a la ciudad de Cuenca: A no más 5 km del perímetro urbano de la Ciudad de Cuenca

**2.- Criterios Incluyentes:**

**Factores Sociales y Económicos:** básicamente de servicios básicos y conectividad.

- Vialidad: definir la proximidad a las vías principales, definir una distancia máxima de 100m. a vías.

**VARIABLES INCLUYENTES DE ANÁLISIS: BUFFER DE 100 m EJES VIALES PRINCIPALES**



**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

**SIMBOLOGÍA**

- Ejes Viales Principales
- Buffer 100m Ejes Viales
- Ciudad de Cuenca
- Cantón Cuenca

**LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE HORMIGÓN PREMEZCLADO APLICANDO TÉCNICAS MULTICRITERIO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA CIUDAD DE CUENCA**  
www.ucuenca.edu.ec

**VARIABLES PARA EL ANÁLISIS MULTICRITERIO**

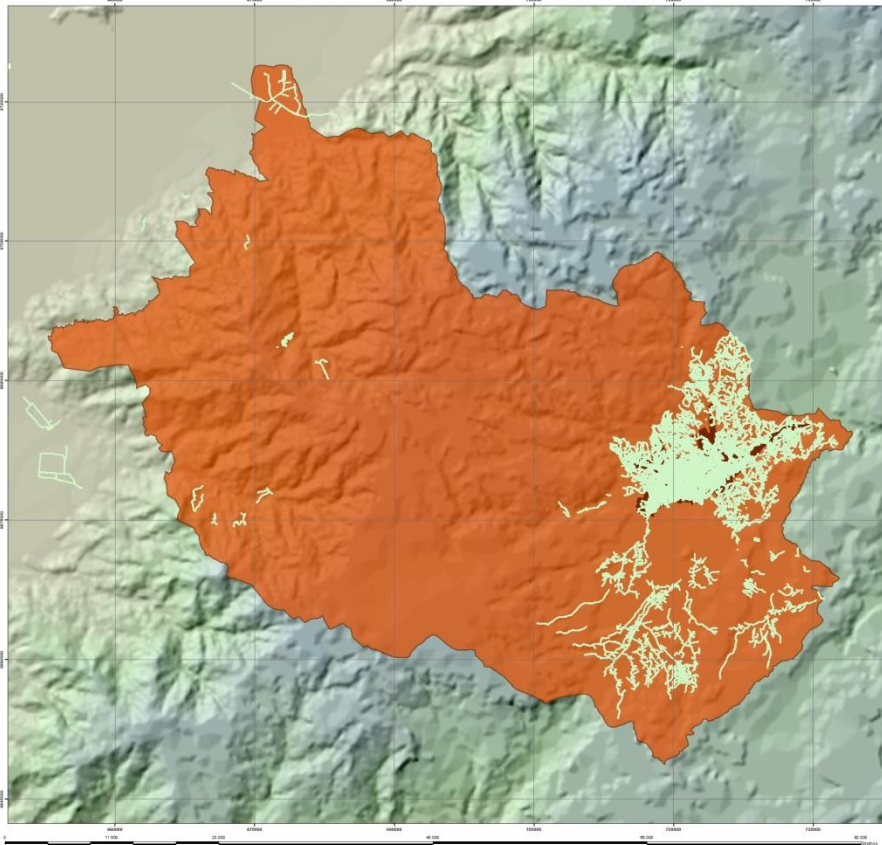
Datum:	Proyección:	Escala:
WGS 84 17S	UTM, Zona 17 Sur	1:160.000
Elaborado por:		Fuente:
Ing. Karla Molina		-Instituto Geográfico Militar: 2010 Base Nacional escala 1:50.000
Fecha:		-INEC, 2011
Julio / 2014		Político - Administrativo

**Mapa 5: Variable Vialidad**



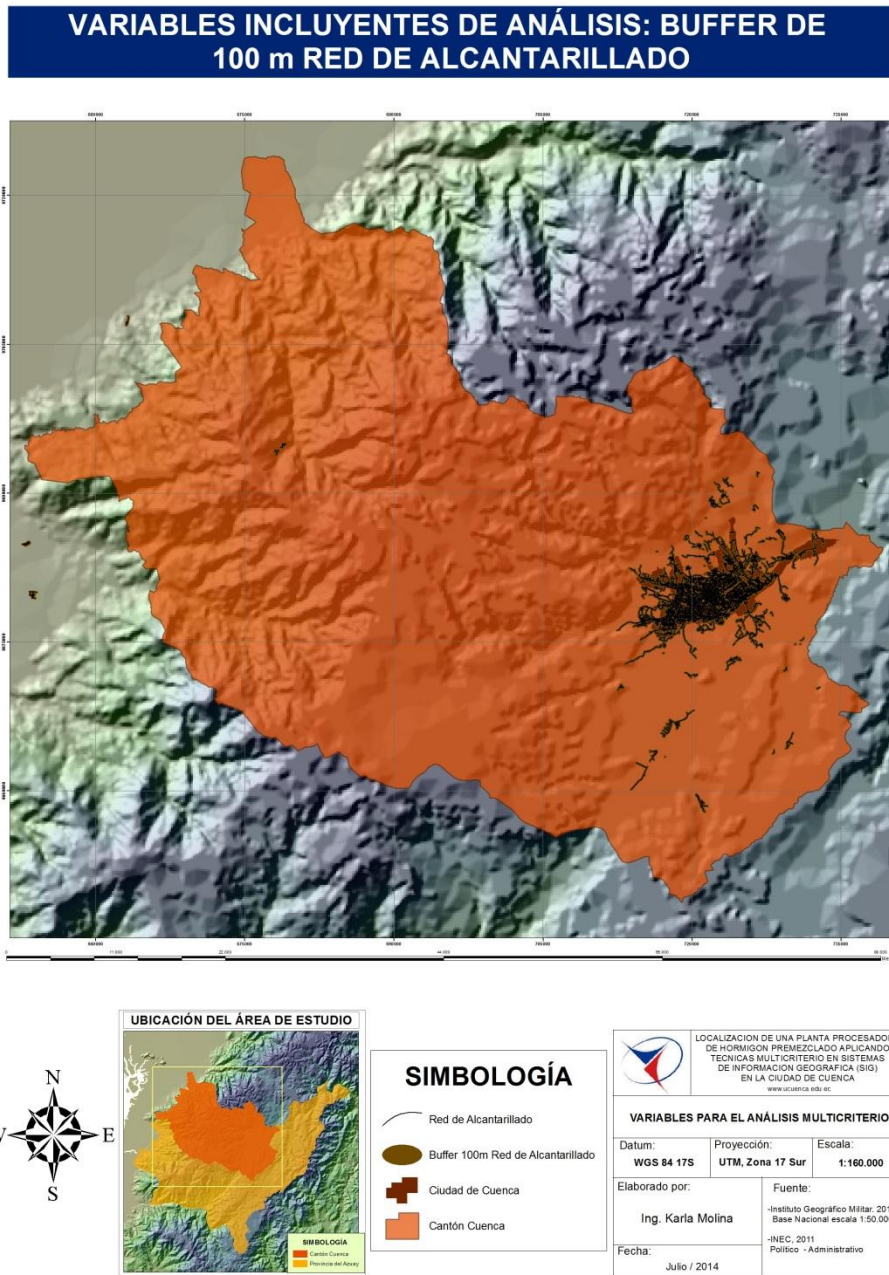
- Agua Potable: definir la existencia de agua potable en la zona, a una distancia máxima de 100 m.

**VARIABLES INCLUYENTES DE ANÁLISIS: BUFFER DE 100 m REDES SECUNDARIAS DE AGUA POTABLE**



Mapa 6: Variable Agua Potable

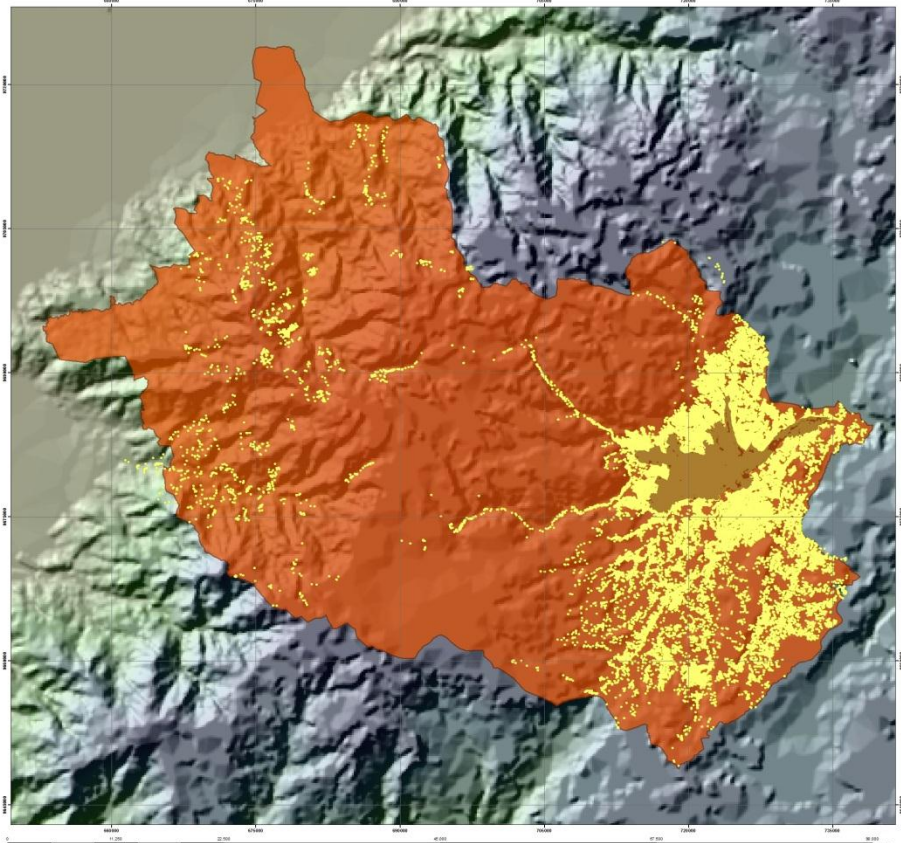
- Alcantarillado: definir la existencia de alcantarillado en la zona, a una distancia máxima de 100 m.



Mapa 7: Variable Alcantarillado

- Energía Eléctrica: definir la existencia de energía eléctrica en la zona, a una distancia máxima de 100 m.

**VARIABLES INCLUYENTES DE ANÁLISIS: BUFFER DE 100 m RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**



**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

**SIMBOLOGÍA**

- Medidores Energía Eléctrica
- Ciudad de Cuenca
- Buffer 100m Energía Eléctrica
- Cantón Cuenca

**LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE HORMIGÓN PREMEZCLADO APLICANDO TÉCNICAS MULTICRITERIO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA CIUDAD DE CUENCA**  
www.uscuenca.edu.ec

**VARIABLES PARA EL ANÁLISIS MULTICRITERIO**

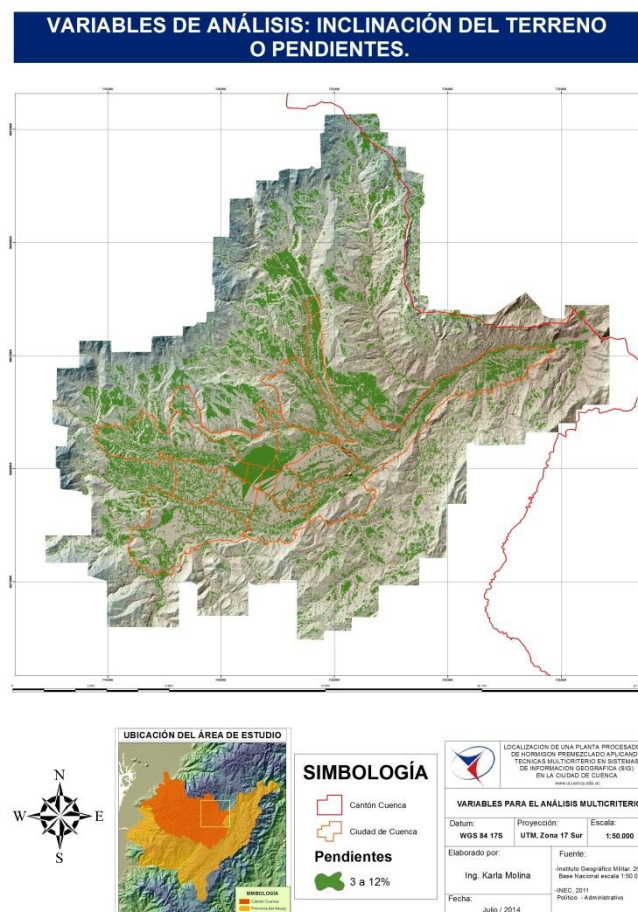
Datum:	Proyección:	Escala:
WGS 84 17S	UTM, Zona 17 Sur	1:165.392
Elaborado por:		Fuente:
Ing. Karla Molina		-Instituto Geográfico Militar, 2010 Base Nacional escala 1:50.000
Fecha:	-INEC, 2011 Político - Administrativo	
Julio / 2014		

**Mapa 8: Variable Energía Eléctrica**



### Factores Técnicos, construcción y selección.

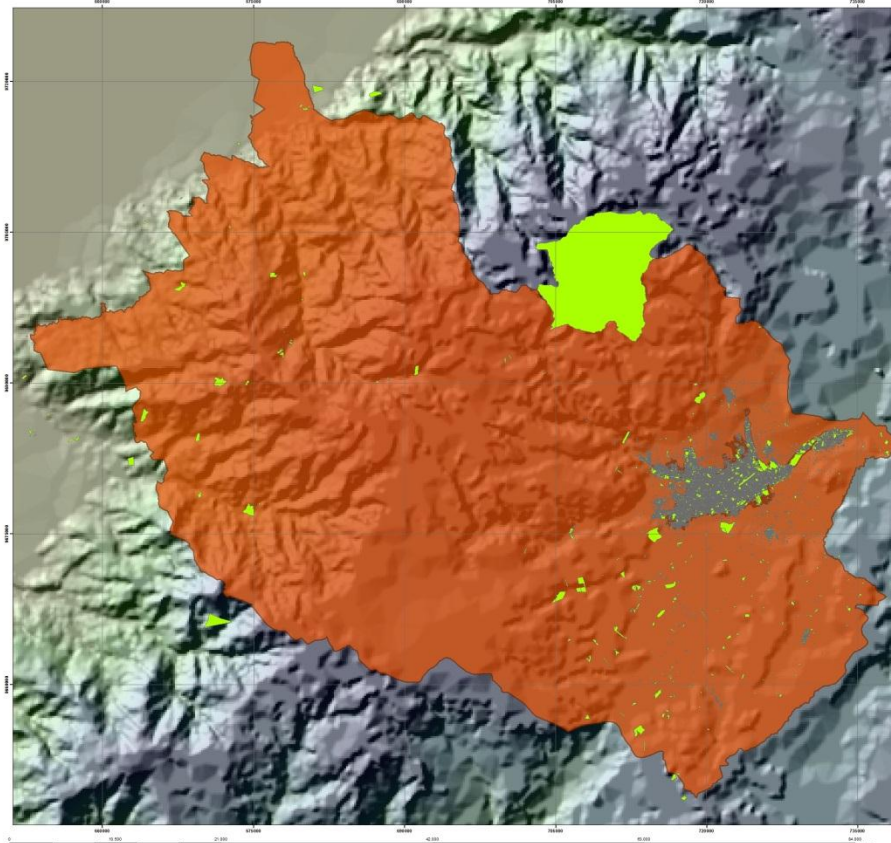
- **Morfología del Terreno (pendientes):** Se refiere específicamente a la pendiente del terreno, la cual debe cumplir entre el 3 y el 12% de inclinación. esta variable se construyó a partir de las curvas de nivel a resolución 1:1.000. Para este producto se tuvo que crear el Modelo Digital del Terreno (MDT), mismo que es realizado con la herramienta 3D Analyst, luego de obtenido del MDT, se procese a transformarlo en un raster, para esto se utiliza la herramienta Spatial Analyst; una vez creado el raster de las alturas se manda a ejecutar el Spatial Analyst para crear las pendientes escogiendo la opción Porcentaje. Con las pendientes creadas, se realiza un Reclassify (herramienta de Spatial Analyst) para escoger las pendientes de 3 a 12%.



Mapa 9: Variable Morfología. Mapa de Pendientes

- Tamaño: se requiere lotes entre 1 y 2 hectáreas de tamaño, utilizando el catastro predial de la ciudad de Cuenca

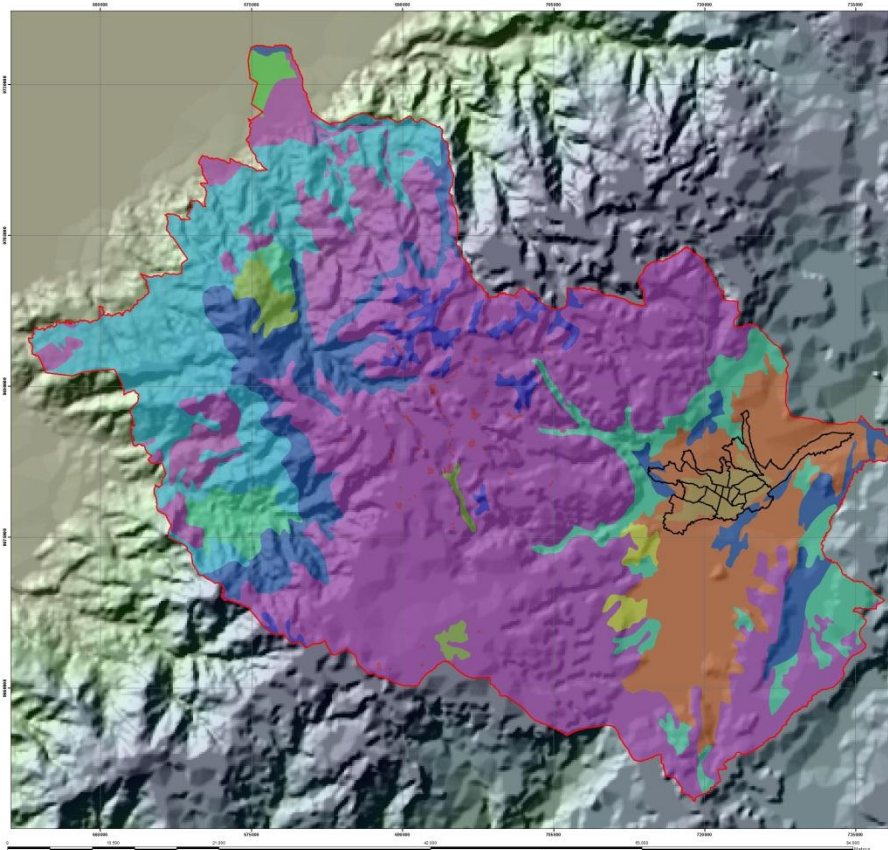
**VARIABLES EXCLUYENTES DE ANÁLISIS: PREDIOS DE UNA A DOS HECTÁREAS DE SUPERFICIE .**



**Mapa 10: Variable Tamaño de Predios**

- Composición del Suelo: buscar los predios arcillosos que facilitan permeabilidad, usando la información detectada en la base de datos del Almanaque Electrónico Ecuatoriano.

**VARIABLES INCLUYENTES DE ANÁLISIS: SUELOS PERMEABLES .**



**SIMBOLOGÍA**

Cartón Cuenca

Ciudad de Cuenca

Jerarquía de Suelos

Orden

- ALFISOL
- BASEE
- BASEU
- BASEUw
- ENTISOL
- ENTISOL-ALFISOL
- INCEPTOSOL (INCEPTOSOL)
- INCEPTOSOL
- INCEPTOSOL-ALFISOL
- INCEPTOSOL-ENTISOL
- VERTISOL

LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE HORMIGÓN PREMEZCLADO APLICANDO TÉCNICAS MULTICRITERIO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA CIUDAD DE CUENCA

www.ucuenca.edu.ec

**VARIABLES PARA EL ANÁLISIS MULTICRITERIO**

Datum:	Proyección:	Escala:
WGS 84 17S	UTM, Zona 17 Sur	1:157.906
Elaborado por:		Fuente:
Ing. Karla Molina		-Instituto Geográfico Militar: 2010 Base Nacional escala 1:50.000
Fecha:		-INEC, 2011 Político - Administrativo
Julio / 2014		

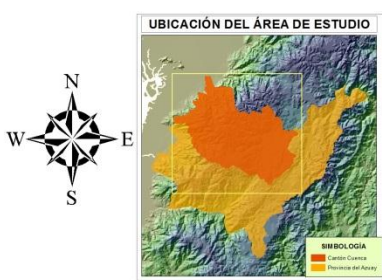
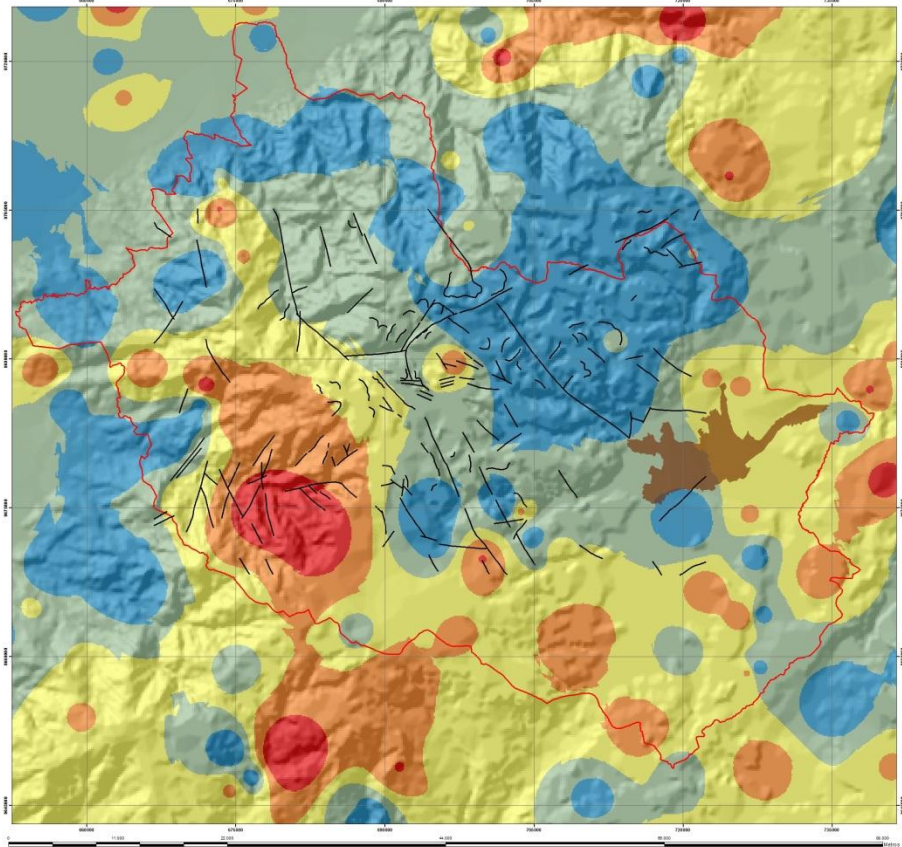
Mapa 11: Variable sobre composición del suelo



- Sismicidad: descartar a todos los predios que se ubiquen en zonas potencialmente sísmicas, en áreas de fallas geológicas activas, y áreas volcánicas activas, esta información se construyó a partir del registro histórico (años 1980 - 2008) utilizando el método geoestadístico de interpolación IDW. La interpolación mediante distancia (IDW por sus siglas en inglés) inversa ponderada determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa. La superficie que se interpola debe ser la de una variable dependiente de la ubicación. Este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra. El método IDW está basado principalmente en la inversa de la distancia elevada a una potencia matemática. El parámetro Potencia le permite controlar la significancia de puntos conocidos en los valores interpolados basándose en la distancia desde el punto de salida. Es un número real positivo y su valor predeterminado es 2. Al definir un valor de potencia más alto, se puede poner más énfasis en los puntos más cercanos. Entonces, los datos cercanos tendrán más influencia y la superficie tendrá más detalles (será menos suave). A medida que aumenta la potencia, los valores interpolados comienzan a acercarse al valor del punto de muestra más cercano. Al especificar un valor más bajo de potencia, los puntos circundantes adquirirán más influencia que los que están más lejos, lo que resulta en una superficie más suave. (Watson, D, *et al.* 1985)



**VARIABLES EXCLUYENTES DE ANÁLISIS: SISMICIDAD Y FALLAS GEOLÓGICAS .**



**SIMBOLOGÍA**

**Sismicidad**  
Magnitud

- 4 - 4.17
- 4.17 - 4.27
- 4.27 - 4.38
- 4.38 - 4.58
- 4.58 - 5.39

Fallas Geológicas

Ciudad de Cuenca

Cantón Cuenca

LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE HORMIGÓN PREMEZCLADO APLICANDO TÉCNICAS MULTICRITERIO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA CIUDAD DE CUENCA  
www.ciencia.edu.ec

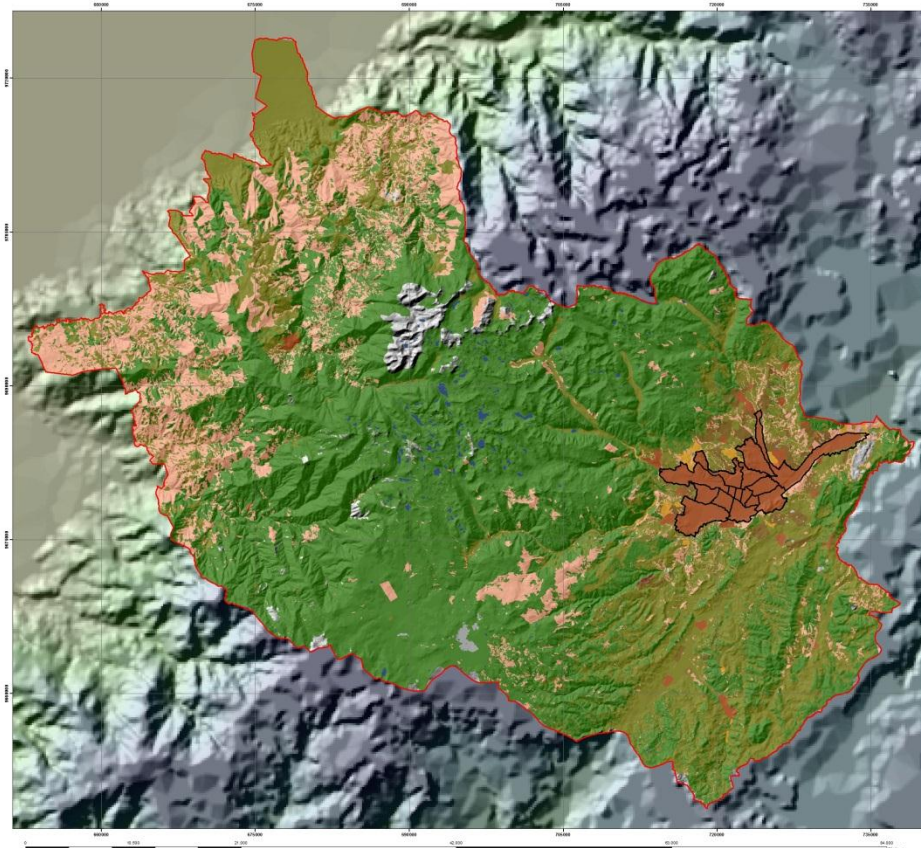
**VARIABLES PARA EL ANÁLISIS MULTICRITERIO**

Datum: WGS 84 17S	Proyección: UTM, Zona 17 Sur	Escala: 1:160.000
Elaborado por: Ing. Karla Molina		Fuente: -Instituto Geográfico Militar, 2010 Base Nacional escala 1:50.000 -INEC, 2011 Político - Administrativo
Fecha: Julio / 2014		

Mapa 12: Variable Sismicidad

- Categorías de uso de suelo, los predios deben estar conforme a la distribución del PDOT de la ciudad de Cuenca, es decir dentro del área destinada a Zona Industrial

**VARIABLES INCLUYENTES DE ANÁLISIS: CATEGORÍAS OCUPACIONALES DE USO DE SUELO CANTONALES .**



**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

**SIMBOLOGÍA**

- Cantón Cuenca
- Ciudad de Cuenca
- Área consolidada
- Área en proceso de consolidación
- Centros Urbanos
- Conservación
- Cuerpos de agua
- Explotación agrícola \_vivienda 30%
- Explotación agrícola \_vivienda 5%
- Explotación agropecuaria
- Recuperación o regeneración ambiental

LOCALIZACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE HORMIGÓN PREMEZCLADO APLICANDO TÉCNICAS MULTICRITERIO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA CIUDAD DE CUENCA  
[www.cuenca.edu.ec](http://www.cuenca.edu.ec)

**VARIABLES PARA EL ANÁLISIS MULTICRITERIO**

Datum:	Proyección:	Escala:
WGS 84 17S	UTM, Zona 17 Sur	1:155.000
Elaborado por:		Fuente:
Ing. Karla Molina		-Instituto Geográfico Militar, 2010 -Base Nacional escala 1:50.000
Fecha:		-INEC, 2011 -Político - Administrativo
Julio / 2014		

**Mapa 13. Categorías de Uso de Suelo.**



## **Procesamiento de Información:**

### **Transformación a Ráster**

- Capas de Predios urbanos y rurales se los convirtió con un tamaño de pixel de 1 metro, al igual que los buffer de ríos y quebradas, energía eléctrica, alcantarillado, agua potable, vialidad, pendientes y cercanía a la ciudad de Cuenca
- Capa de cantón Cuenca, ABVP, SNAP, categorías ocupacionales de uso de suelo, taxonomía de suelos, sismicidad con un tamaño de pixel de 10 m

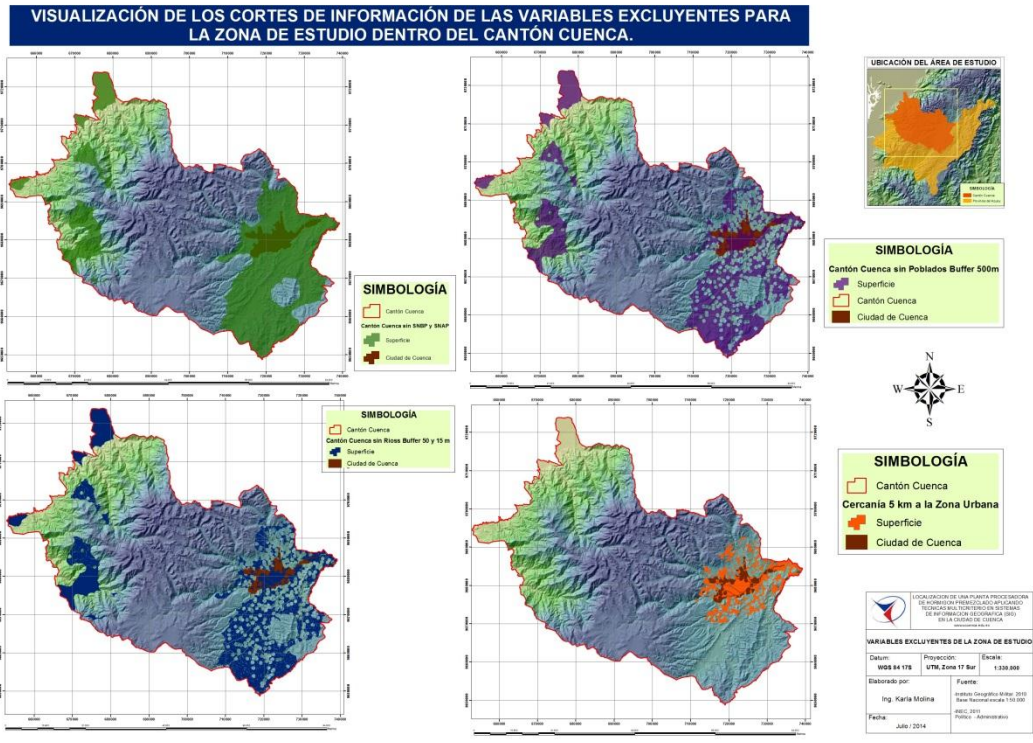
### **Substracción de Información.**

Con toda la información transformada a Ráster, se procedió a substraer territorio del cantón considerando las variables excluyentes que abarcan mayor superficie:

- Sistema Nacional de Bosques Protectores con un buffer de 1 km
- Sistema Nacional de Áreas Protegidas con un buffer de 1 km
- Buffer de 50 m de ríos principales, 15 m de ríos secundarios o quebradas
- Buffer de 500 m de los centros poblados

En la imagen siguiente se puede observar el resultado de cruzar esta información:





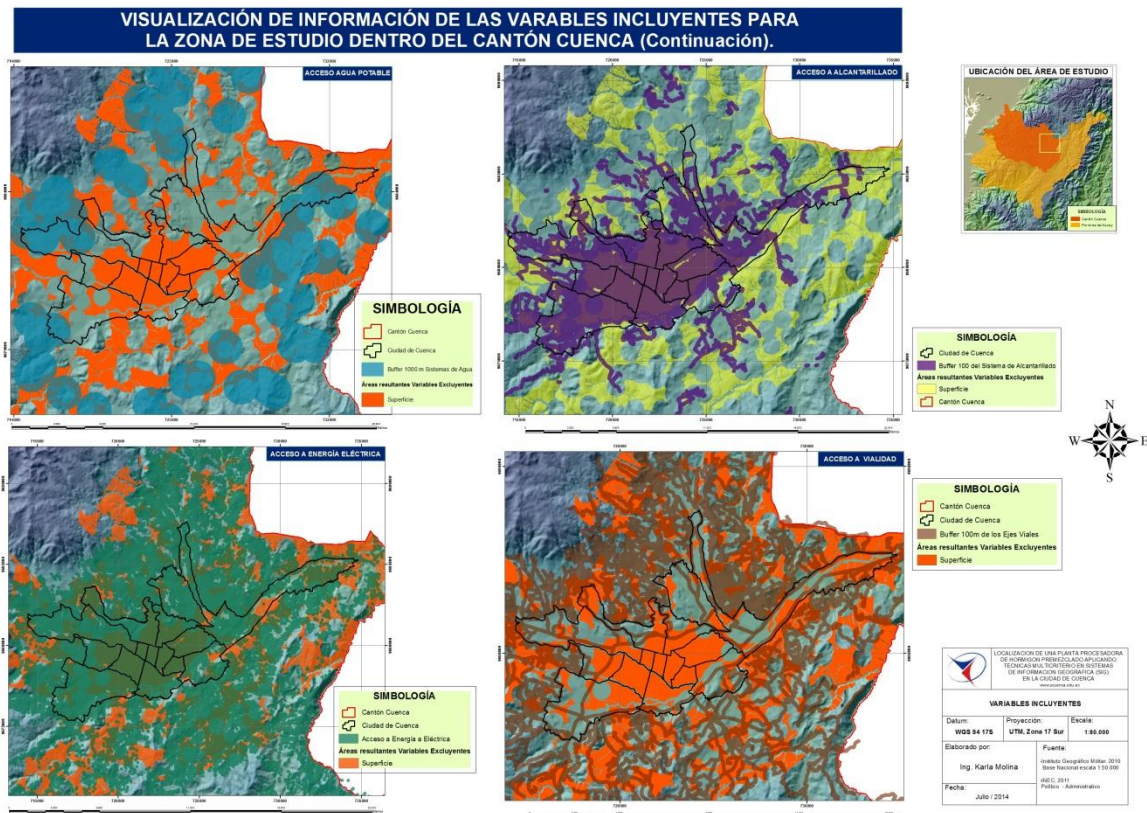
Mapa 14: Cruce de variables excluyentes

De la misma manera realizamos con las variables incluyentes se procedió a substraer territorio:

- Agua Potable: con un buffer de 100m.
- Alcantarillado: con un buffer de 100 m.
- Energía Eléctrica: con un buffer de 100 m.
- Distancia máxima de 100 m de vías.

Lo cual observamos en la siguiente imagen:



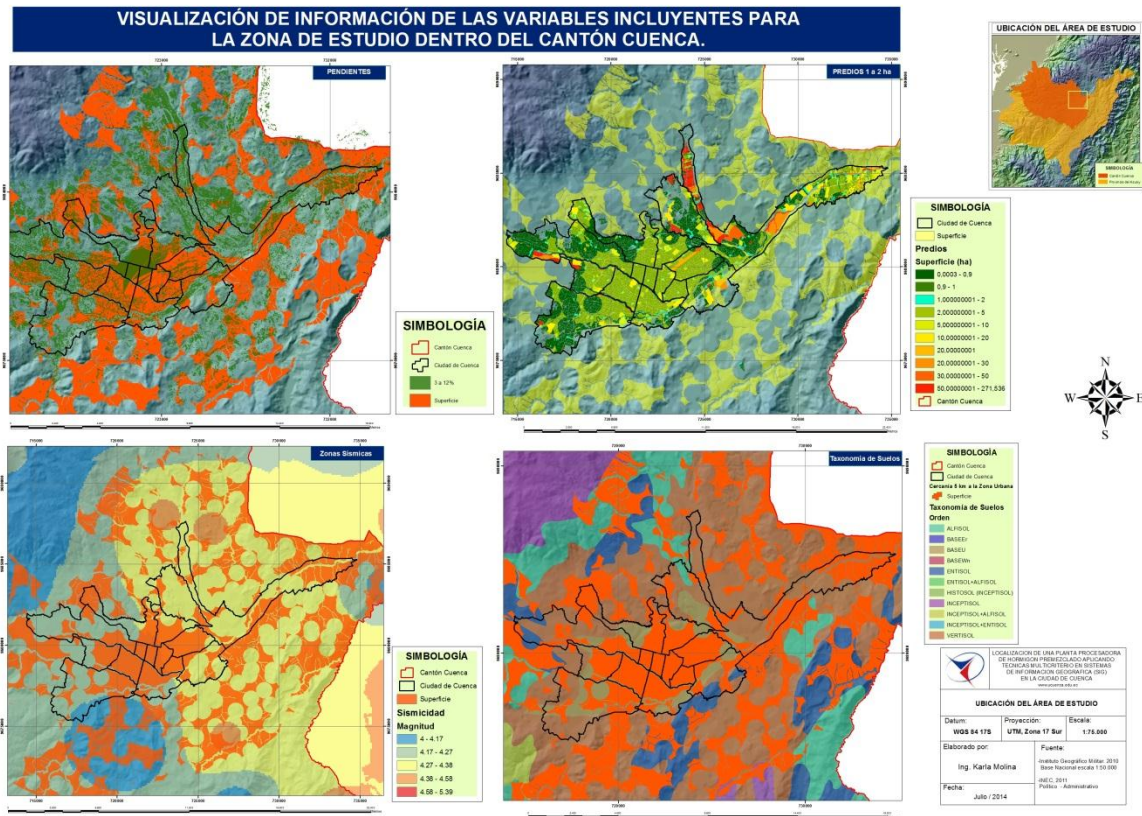


**Mapa 15: Cruce de variables incluyentes. Parte I**

Además realizamos el mismo proceso con las siguientes variables incluyentes:

- Pendientes entre el 3 y 12%
- Tamaño de predios entre 1 y 2 hectáreas.
- Incluir zonas no potencialmente sísmicas y sin fallas geológicas.
- Zonas de terreno arcilloso.

Lo cual visualizamos en la siguiente foto.



Mapa 16: Cruce variable incluyentes. Parte II

Luego de esta paso se contraponen las variables incluyentes con la unidad mínima obtenida por la sustracción de las variables excluyentes.

Para luego por medio de la ponderación de las variables incluyentes (álgebra de mapas), sumar los rango por su nivel de importancia.



### Algebra de Mapas.

Desarrollo: Una vez cruzada la información de variables excluyentes procedemos a trabajar con las variables incluyentes según criterios de jerarquización. Para lo cual se ha trabajado en una matriz de ponderación de acuerdo a los requerimientos de la empresa.

Variable Incluyente	Peso Ponderado
Pedios (1 a 2 ha)	3
Categorías Ocupacionales de Uso de Suelo	3
Pendientes (3 a 12%)	3
Acceso a Vialidad	3
Acceso a Agua Potable	2
Acceso a Alcantarillado	2
Acceso a Energía Eléctrica	2
Suelos Permeables	1
Sismicidad (menor sismicidad)	1

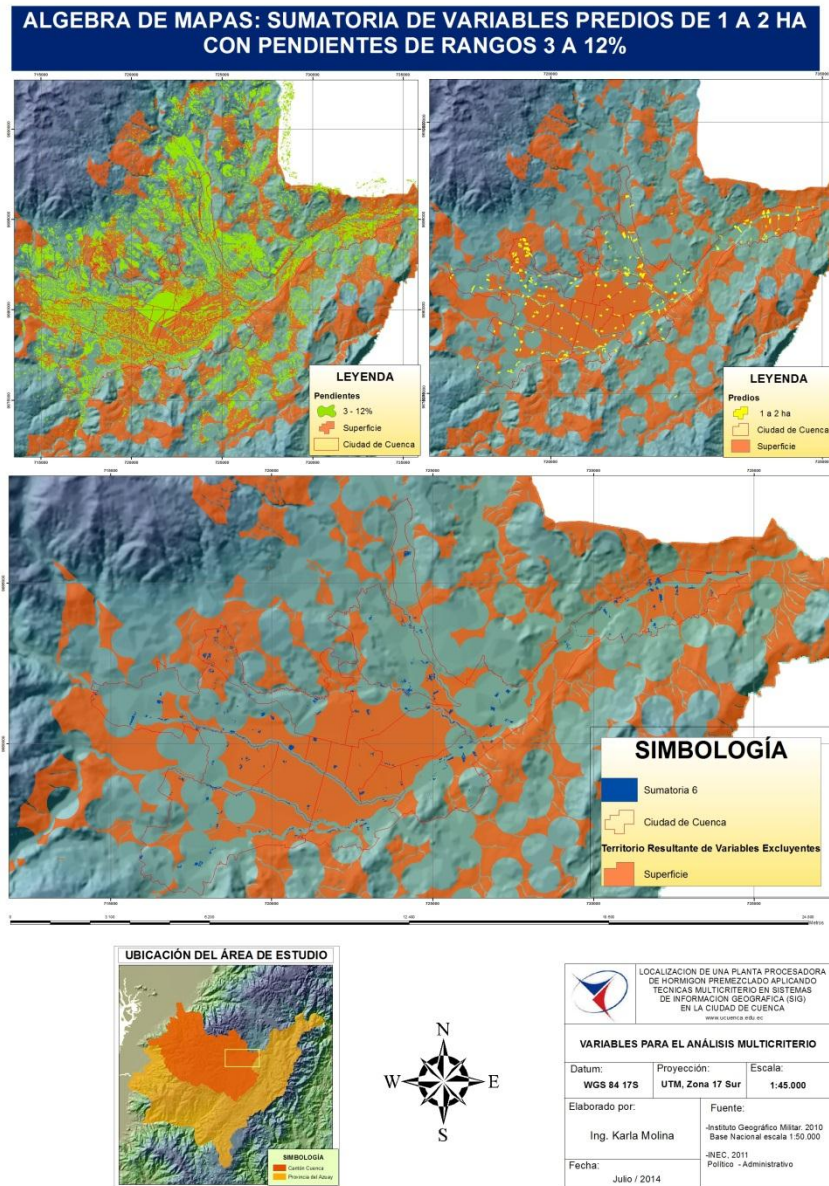
Tabla 4: Pesos Ponderados, según variables.

- Siendo 3, el valor de mayor importancia y,
- Siendo 1, el valor de importancia menor.

Con los pesos ponderados dados de acuerdo criterios incluyentes, se realiza la sumatoria de las variables ponderadas tipo 3, a este resultado se realizó la sumatoria de las variables ponderadas tipo 2, y a este resultado se realizó la sumatoria con las variables ponderadas tipo 1, mediante el proceso que se conoce como algebra de mapas.

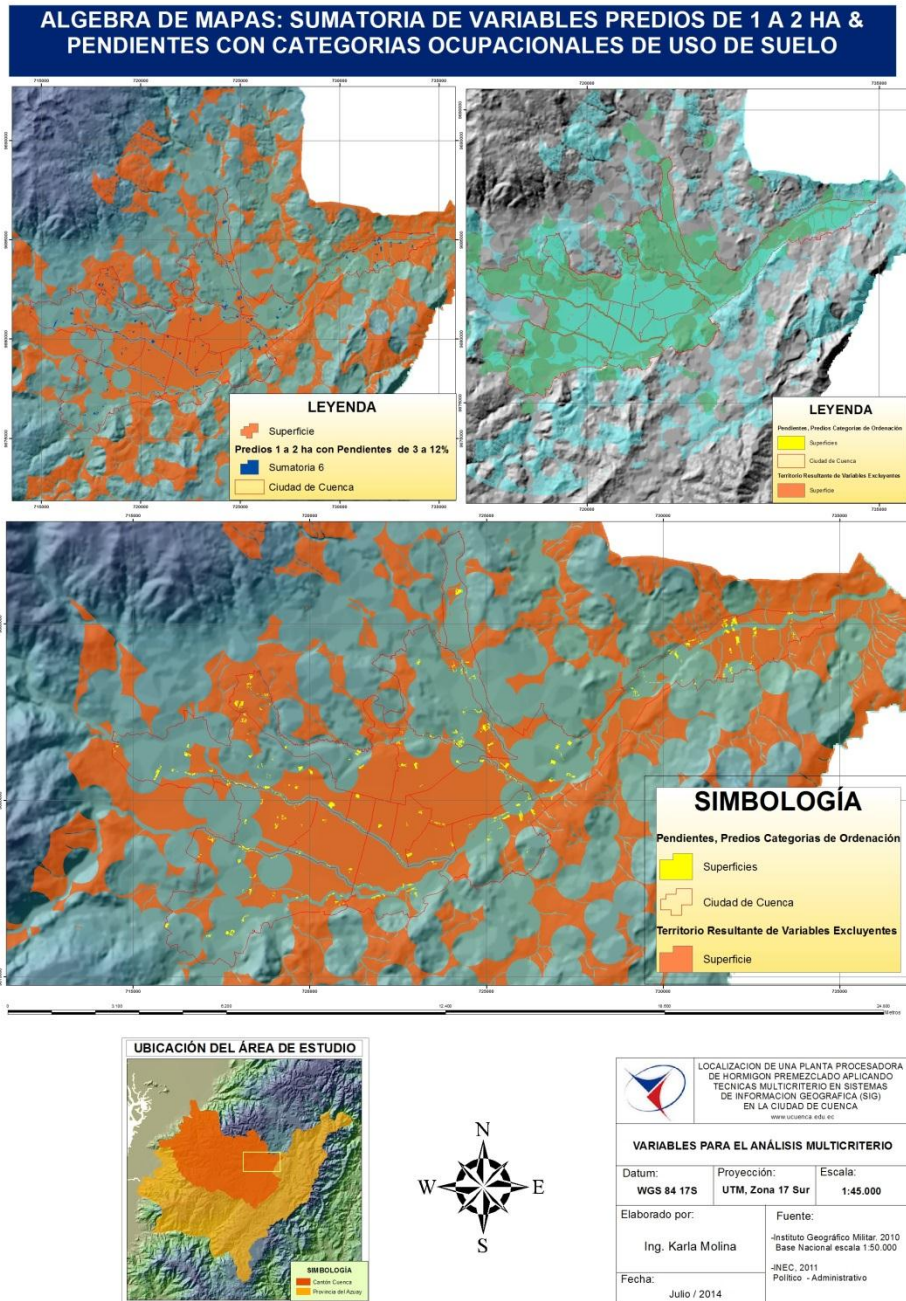


Análisis 1: se realizó el cruce las variables Pendientes y tamaño de predio cuyo valor de importancia es de 3



Mapa 17. Análisis 1

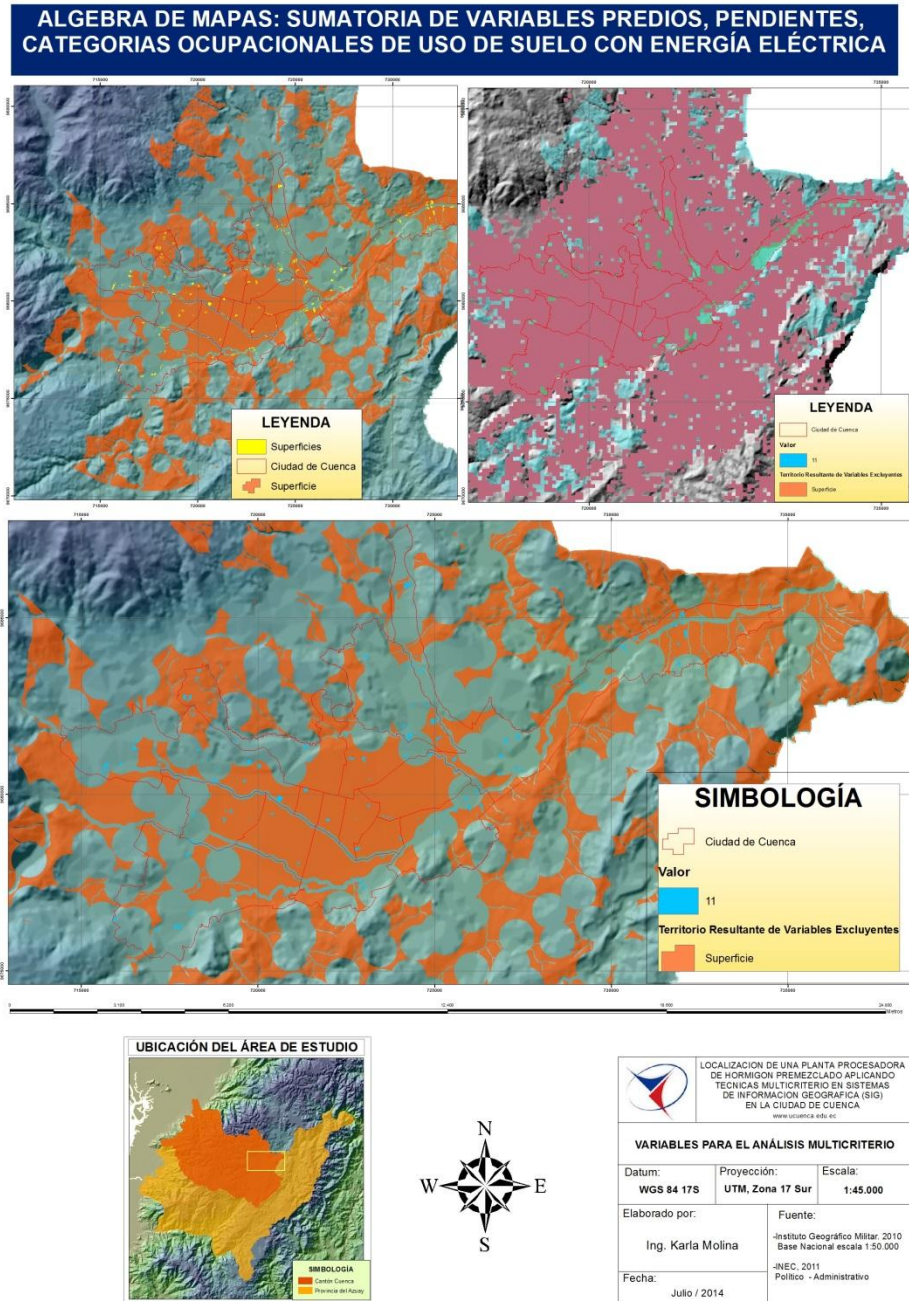
Análisis 2: con el mapa generado en el análisis 1, se procede a cruzar con la siguiente variable de peso 3, Categorías de uso de suelo.



Mapa 18: Análisis 2

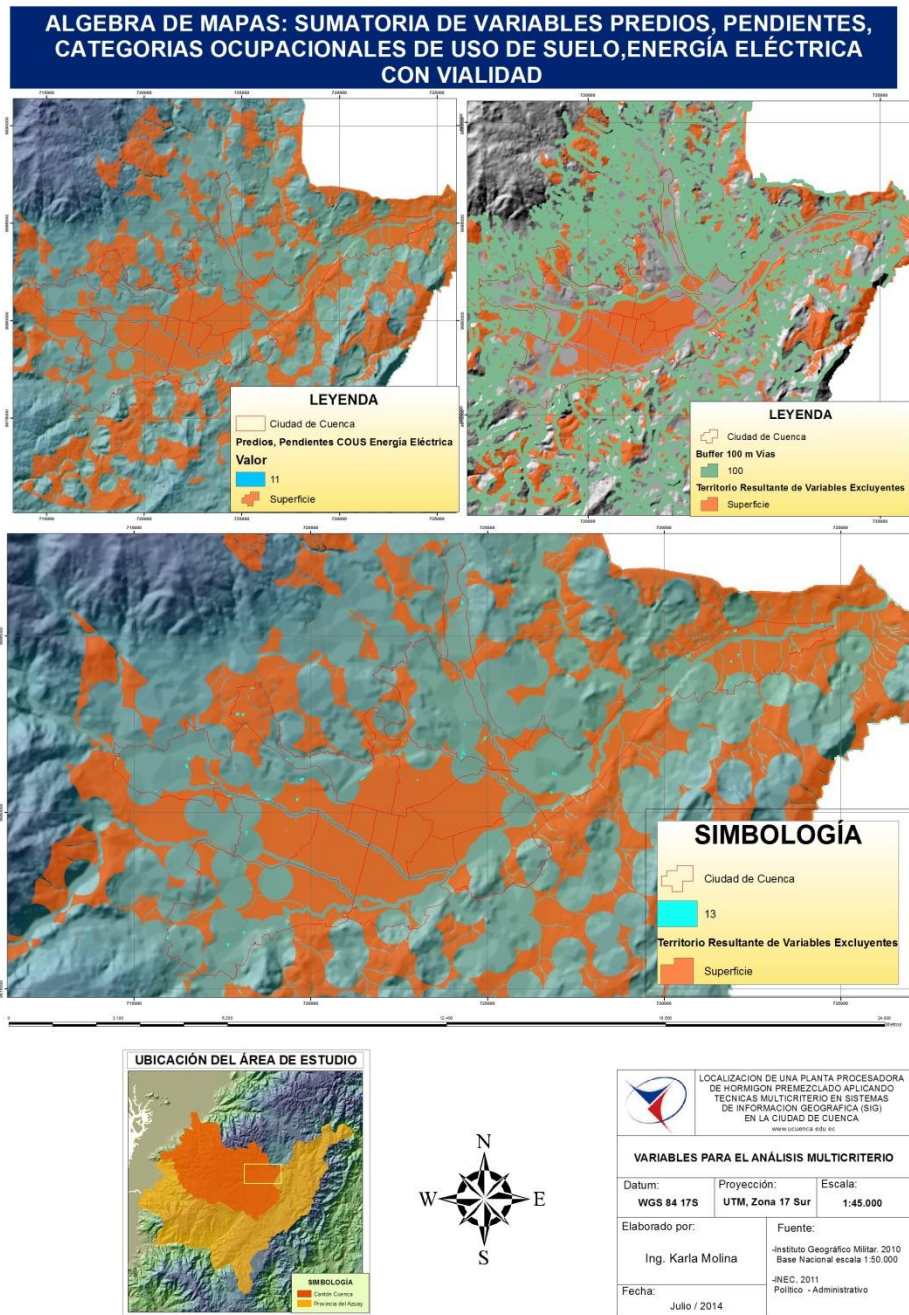


Análisis 3: de la misma manera, al resultado anterior le incluimos la variable Energía eléctrica.



Mapa 19: Análisis 3.

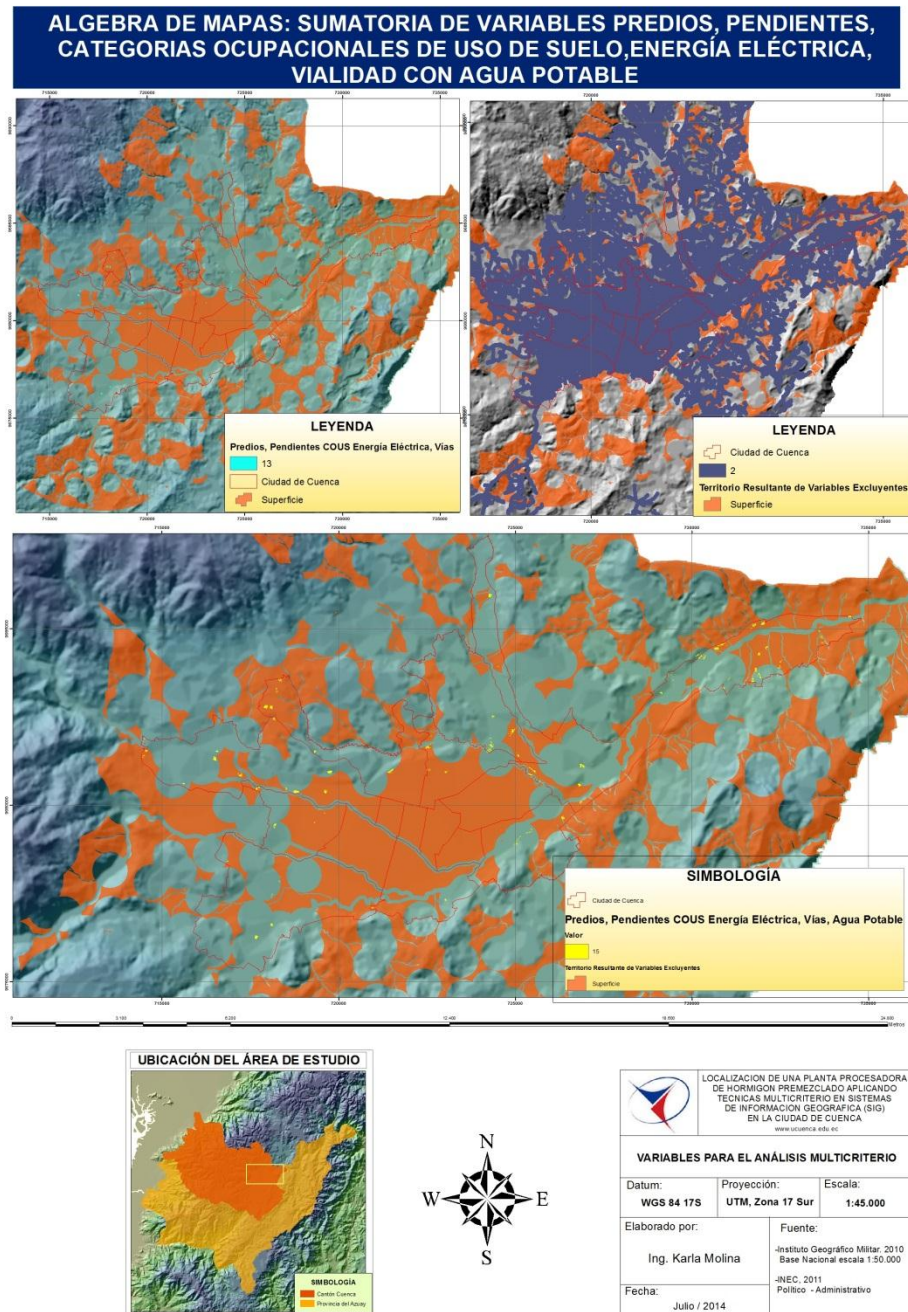
Análisis 4: para este análisis incluiremos la variable de peso 2. Vialidad.



Mapa 20: Análisis 4.



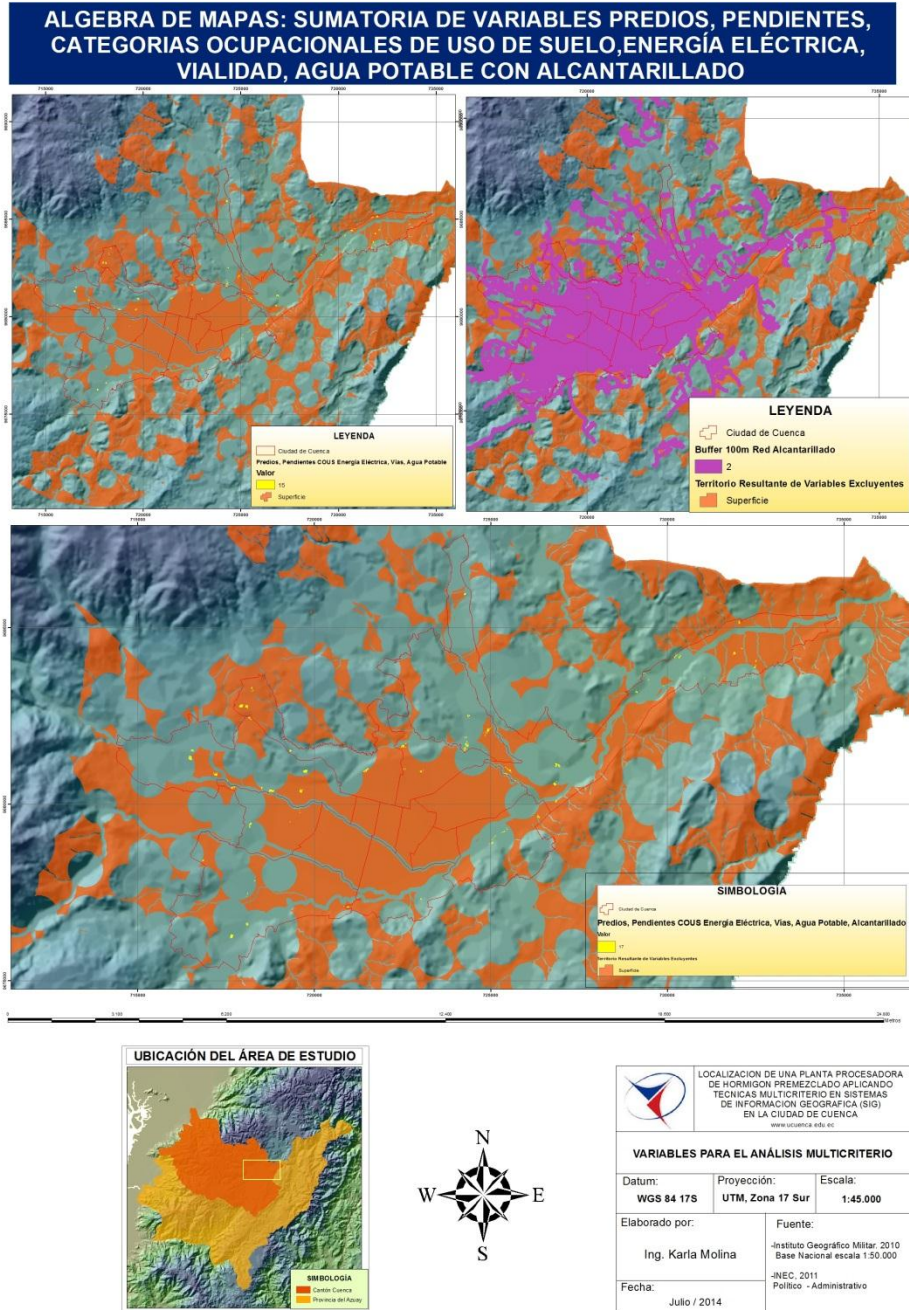
Análisis 5: al resultado anterior se le sumará la variable de Agua potable de igual peso 2.



Mapa 21: Análisis 5

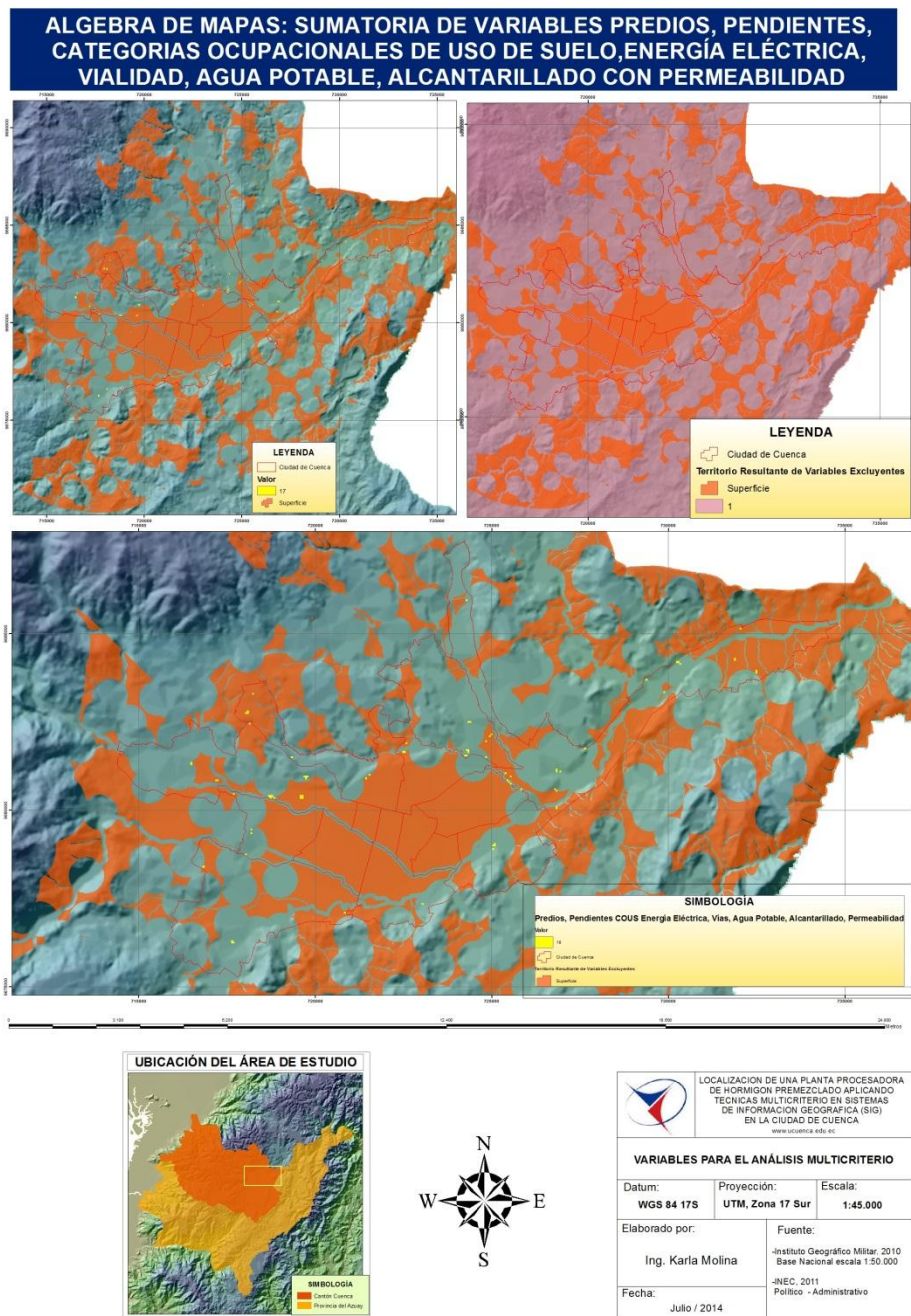


Análisis 6: al resultado anterior se le sumará la variable de Alcantarillado de igual peso 2.



Mapa 22: Análisis 6

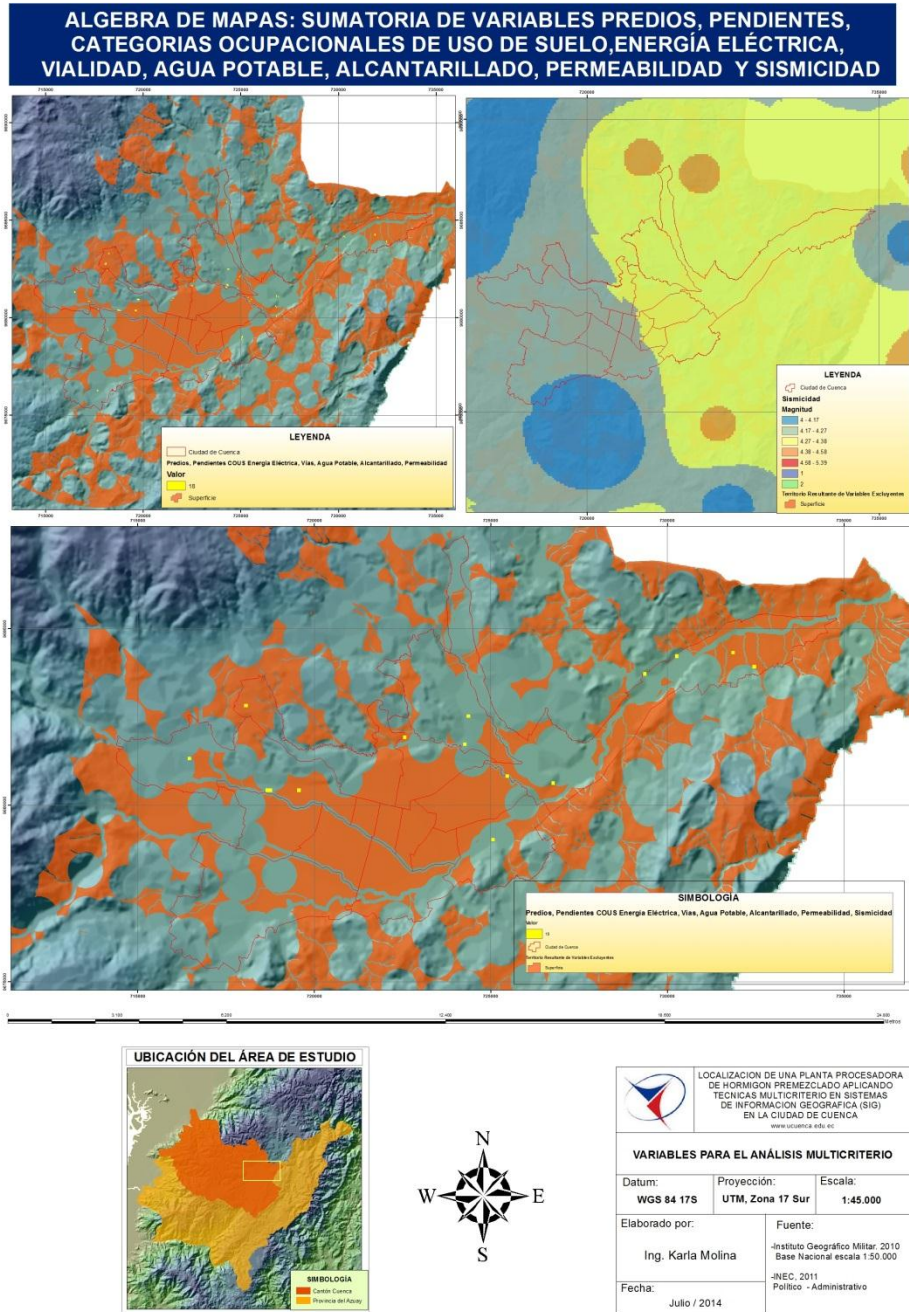
Análisis 7: al resultado anterior se le sumará la variable de Permeabilidad de peso 1.



Mapa 23: Análisis 7



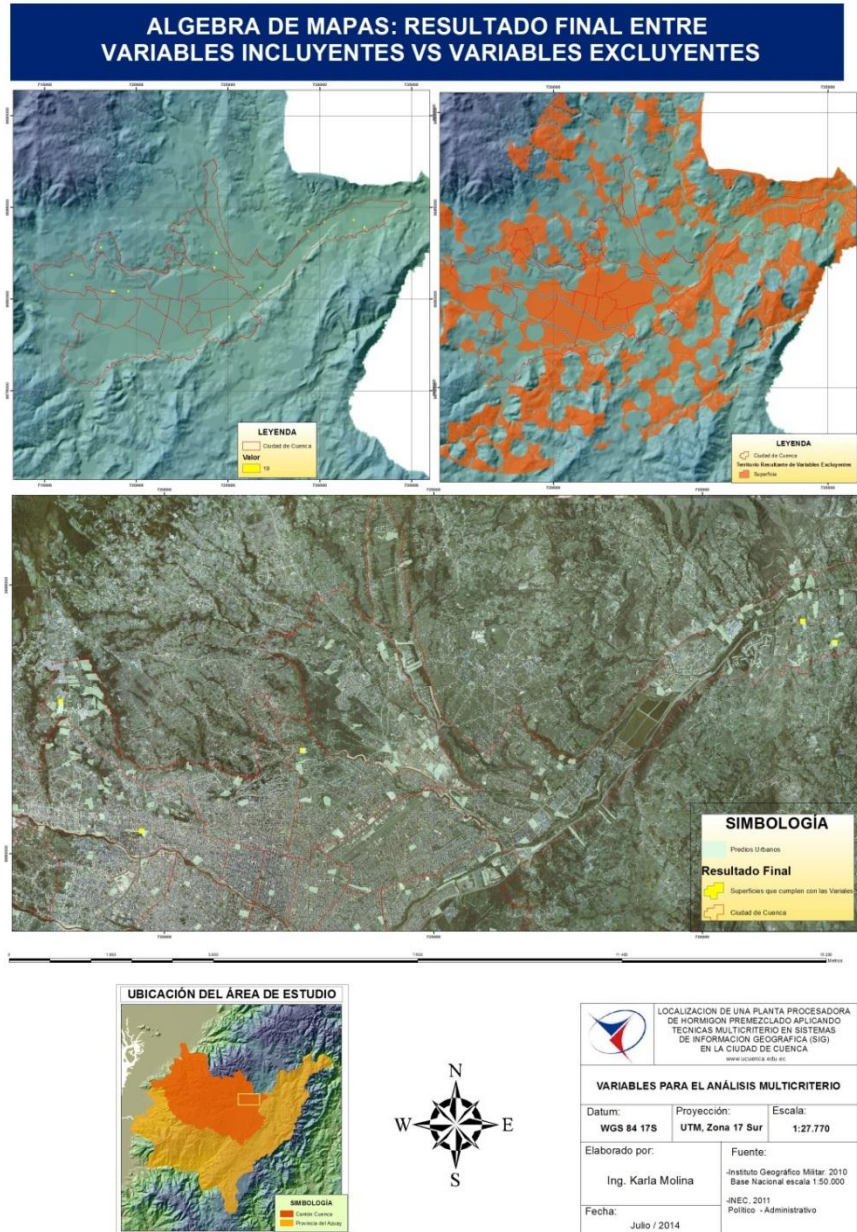
Análisis 8: finalmente al resultado anterior se le sumará la variable de Sismicidad de peso 1.



Mapa 24: Análisis 8

De acuerdo a esto obtenemos un mapa resultante, el que nos muestra, los predios que cumplen con todos los criterios establecidos y debidamente estudiados.

Una vez aplicados los métodos de evaluación multicriterio fue posible obtener el resultado final que nos muestra los predios que cumplen con todas las condiciones aquí planteadas como se muestra en la siguiente imagen:



**Mapa 25: Resultado del análisis**



Esto nos permite tener un listado con los predios dentro de los cuales la institución pudo escoger el más apropiado según sus intereses, los que mostramos en la siguiente tabla.

<b>PREDIOS</b>	<b>TAMAÑO PREDIOS</b>
1	1,39
2	1,03
3	1,04
4	1,52
5	1,36
6	1,53
7	1,77
8	1,79

**Tabla 5: Predios Resultantes vs. Tamaño de predio**

Del resultado es preciso poder recomendar el predio más óptimo conforme las necesidades de la Empresa, para lo cual realizaremos el Análisis Multicriterio en el siguiente capítulo.



### CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis Multicriterio:** El proceso analítico Jerárquico (AHP) propuesto para nuestro caso de estudio es el planteado por Saaty.

Como se mencionó en el capítulo anterior, Saaty realiza un análisis jerárquico, para lo cual hemos calculado los valores en un software especializado (IDRISI SELVA 17.0), para lo cual fue necesario un análisis de las jerarquías de cada una de las variables. Dicho análisis se lo realizó de acuerdo a los requerimientos de la Empresa Industrias Guapán.

La matriz de pesos obtenida de este análisis se detalla a continuación:

	Pesos
Tamaño Predios	1
Categorías Uso de Suelo	3
Pendientes	2
Vías	0,5
Agua Potable	0,33
Alcantarillado	0,25
Energía Eléctrica	0,2
Permeabilidad	0,16
Sismicidad	0,14

Tabla 6: Pesos propuestos, según variables

- Siendo 3, más importante y
- Siendo 1/9 menos importante.

Siendo tres más importante y 1/9 menos importante, de acuerdo a los rangos establecidos por el software.



Para el uso mismo del software se desarrolla una matriz completa, en la que se le asigna a cada una de las variables un peso con relación a los siguientes como se detalla a continuación:

	Tamaño Predios	Categorías Uso de Suelo	Pendientes	Vías	Agua Potable	Alcantarillado	Energía Eléctrica	Permeabilidad	Sismicidad
Tamaño Predios	1								
Categorías Uso de Suelo	3	1							
Pendientes	2	0,33	1						
Vías	0,5	0,25	0,33	1					
Agua Potable	0,33	0,2	0,25	0,33	1				
Alcantarillado	0,25	0,16	0,2	0,25	0,33	1			
Energía Eléctrica	0,2	0,14	0,16	0,2	0,25	0,33	1		
Permeabilidad	0,16	0,12	0,14	0,16	0,2	0,25	0,33	1	
Sismicidad	0,14	0,11	0,12	0,14	0,16	0,2	0,25	0,33	1

Tabla 7: Matriz de Pesos propuesta para el software.

Una vez resuelta esta matriz, Saaty nos muestra los valores de los pesos reales calculados analíticamente, como muestra la siguiente imagen:

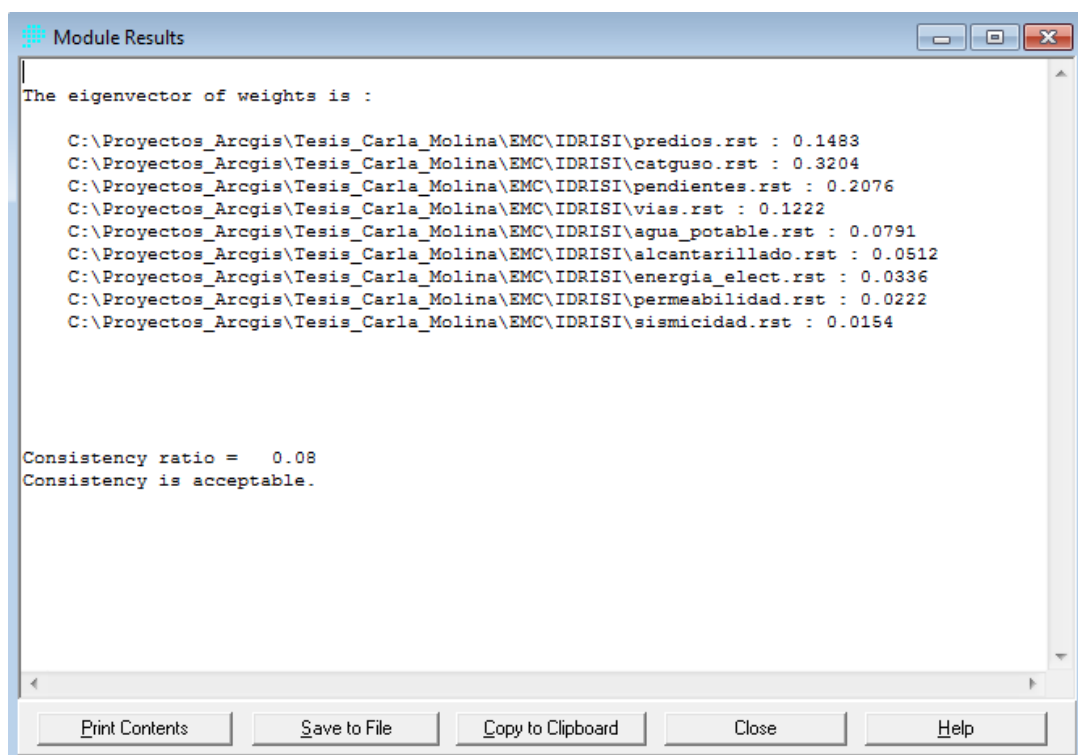


Gráfico 5: Resultados de Software para pesos Saaty.







Los valores obtenidos se resumen de la siguiente manera:

VARIABLES	PESOS SAATY
Tamaño Predios	0,1483
Categorías Uso de Suelo	0,3204
Pendientes	0,2076
Vías	0,1222
Agua Potable	0,0791
Alcantarillado	0,0512
Energía Eléctrica	0,0336
Permeabilidad	0,0222
Sismicidad	0,0154
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>

Tabla 8: Valores de Pesos según Saaty, calculados.

Con los valores de Pesos obtenidos, procedemos a analizar cuál de los 8 predios obtenidos como resultado es el óptimo para la Empresa. Para esto seguimos el proceso propuesto por Saaty.

**DESARROLLO:**

1. Detallamos los valores de las variables para cada uno de los predios resultantes como mostramos en la siguiente tabla:

PREDIOS	TAMAÑO PREDIOS	CATEGORIAS DE USO DE SUELO	PENDIENTES	VIAS	AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO	ENERGIA ELECTRICA	PERMEABILIDAD	SISMICIDAD
1	1,39	1	1	100	100	100	100	1	1
2	1,03	1	1	100	100	100	100	1	1
3	1,04	1	1	100	100	100	100	1	1
4	1,52	1	1	100	100	100	100	1	1
5	1,36	1	1	100	100	100	100	1	1
6	1,53	1	1	100	100	100	100	1	1
7	1,77	1	1	100	100	100	100	1	1
8	1,79	1	1	100	100	100	100	1	1

Tabla 9: Matriz de Predios vs. Variables.

2. Para cada una de las variables obtenemos el valor máximo y procedemos a normalizar, es decir dividir cada uno de los valores para el valor máximo.

PREDIOS	TAMAÑO PREDIOS	CATEGORIAS DE USO DE SUELO	PENDIENTES	VIAS	AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO	ENERGIA ELECTRICA	PERMEABILIDAD	SISMICIDAD
1	1,39	1	1	100	100	100	100	1	1
2	1,03	1	1	100	100	100	100	1	1
3	1,04	1	1	100	100	100	100	1	1
4	1,52	1	1	100	100	100	100	1	1
5	1,36	1	1	100	100	100	100	1	1
6	1,53	1	1	100	100	100	100	1	1
7	1,77	1	1	100	100	100	100	1	1
8	1,79	1	1	100	100	100	100	1	1
<b>V MAX</b>	<b>1,79</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Tabla 10: Matriz Predios vs. Variables, con valores máximos.

PREDIOS	TAMAÑO PREDIOS	CATEGORIAS DE USO DE SUELO	PENDIENTES	VIAS	AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO	ENERGIA ELECTRICA	PERMEABILIDAD	SISMICIDAD
<b>VALORES NORMALIZADOS</b>									
1	0,776536	1	1	100	100	100	100	1	1
2	0,575419	1	1	100	100	100	100	1	1
3	0,581006	1	1	100	100	100	100	1	1
4	0,849162	1	1	100	100	100	100	1	1
5	0,759777	1	1	100	100	100	100	1	1
6	0,854749	1	1	100	100	100	100	1	1
7	0,988827	1	1	100	100	100	100	1	1
8	1	1	1	100	100	100	100	1	1

**Tabla 11: Matriz Predios vs. Variables, Normalizada.**

3. A la matriz de Predios vs Variables Normalizada, se procede a multiplicar por la matriz de Pesos Obtenidos por Saaty, para darle así el verdadero valor a cada una de ellas.

PREDIOS	TAMAÑO PREDIOS	CATEGORIAS DE USO DE SUELO	PENDIENTES	VIAS	AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO	ENERGIA ELECTRICA	PERMEABILIDAD	SISMICIDAD
<b>VALORES NORMALIZADOS &amp; PESOS SAATY</b>									
	<b>0,1483</b>	<b>0,3204</b>	<b>0,2076</b>	<b>0,1222</b>	<b>0,0791</b>	<b>0,0512</b>	<b>0,0336</b>	<b>0,0222</b>	<b>0,0154</b>
1	0,11516	0,3204	0,2076	12,22	7,91	5,12	3,36	0,0222	0,0154
2	0,085335	0,3204	0,2076	12,22	7,91	5,12	3,36	0,0222	0,0154
3	0,086163	0,3204	0,2076	12,22	7,91	5,12	3,36	0,0222	0,0154
4	0,125931	0,3204	0,2076	12,22	7,91	5,12	3,36	0,0222	0,0154
5	0,112675	0,3204	0,2076	12,22	7,91	5,12	3,36	0,0222	0,0154
6	0,126759	0,3204	0,2076	12,22	7,91	5,12	3,36	0,0222	0,0154
7	0,146643	0,3204	0,2076	12,22	7,91	5,12	3,36	0,0222	0,0154
8	0,1483	0,3204	0,2076	12,22	7,91	5,12	3,36	0,0222	0,0154

**Tabla 12: Matriz Predios vs. Variables Normalizada, Pesos Saaty**

4. La matriz resultante presenta valores de cada variable para cada predio, las mismas que después de hacer una sumatoria, muestran un valor total, cuyo valor mayor, representa la mejor opción.

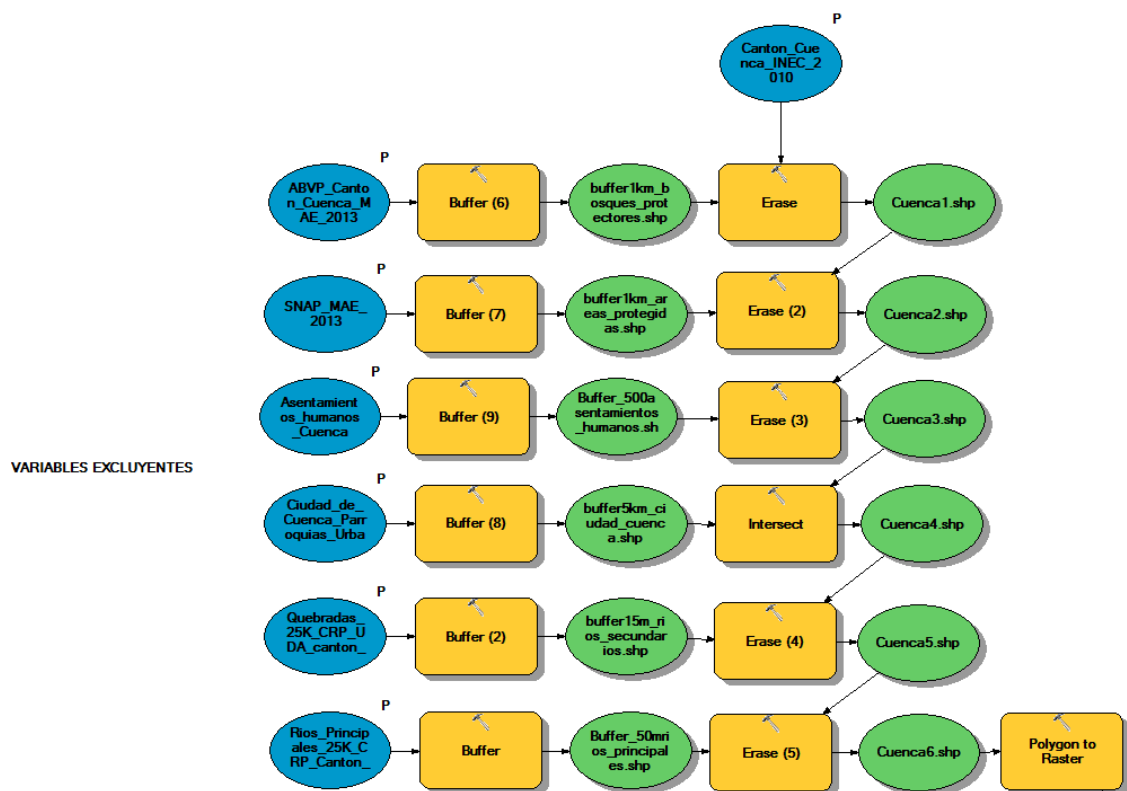
PREDIOS	TAMAÑO PREDIOS	CATEGORIAS DE USO DE SUELO	PENDIENTES	VIAS	AGUA POTABLE	ALCANTARILLADO	ENERGIA ELECTRICA	PERMEABILIDAD	SISMICIDAD		
<b>VALORES NORMALIZADOS &amp; PESOS SAATY</b>										<b>SUMATORIA</b>	<b>RANKING</b>
	<b>0,1483</b>	<b>0,3204</b>	<b>0,2076</b>	<b>0,1222</b>	<b>0,0791</b>	<b>0,0512</b>	<b>0,0336</b>	<b>0,0222</b>	<b>0,0154</b>	1	
1	0,1152	0,3204	0,2076	12,2200	7,9100	5,1200	3,3600	0,0222	0,0154	29,2908	5
2	0,0853	0,3204	0,2076	12,2200	7,9100	5,1200	3,3600	0,0222	0,0154	29,2609	8
3	0,0862	0,3204	0,2076	12,2200	7,9100	5,1200	3,3600	0,0222	0,0154	29,2618	7
4	0,1259	0,3204	0,2076	12,2200	7,9100	5,1200	3,3600	0,0222	0,0154	29,3015	4
5	0,1127	0,3204	0,2076	12,2200	7,9100	5,1200	3,3600	0,0222	0,0154	29,2883	6
6	0,1268	0,3204	0,2076	12,2200	7,9100	5,1200	3,3600	0,0222	0,0154	29,3024	3
7	0,1466	0,3204	0,2076	12,2200	7,9100	5,1200	3,3600	0,0222	0,0154	29,3222	2
8	0,1483	0,3204	0,2076	12,2200	7,9100	5,1200	3,3600	0,0222	0,0154	29,3239	1

**Tabla 13: Matriz de resultados**

### Aplicación Model Builder:

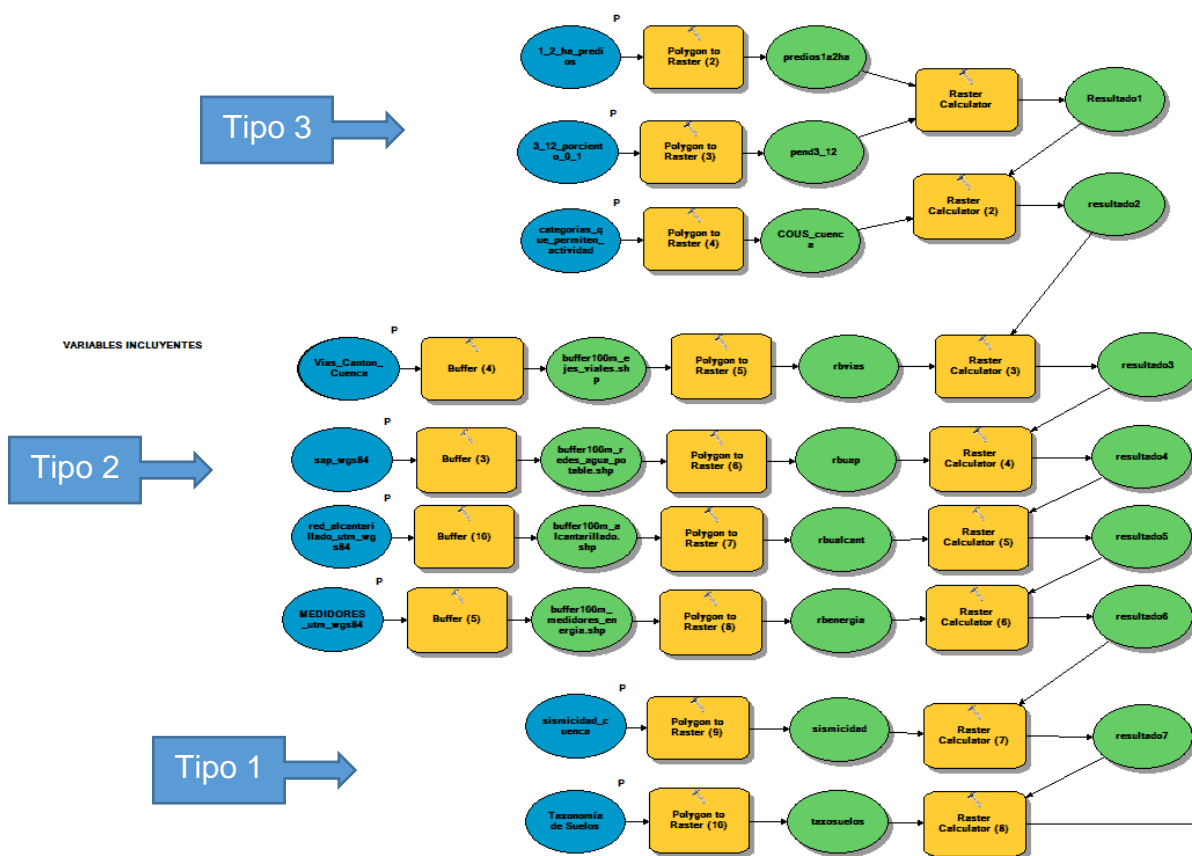
Además como resultado se obtuvo de la herramienta Model Builder, un modelo que nos permite realizar las iteraciones necesarias, con las condiciones particulares que se deseen en cada una de ellas y al final obtener un mapa resultante.

Para la ejecución del presente modelo, se insertaron las variables cartográficas mencionadas anteriormente, que para el uso de la herramienta se denominan Parámetros (P), enlazadas a estas se colocan los geoprocесamientos que se desea (Recuadro de color amarillo). Al aplicar el modelo da un resultado que se dibuja en un ovalo de color verde.



Mapa 26: Aplicación de la Herramienta Model Builder en Variables Excluyentes

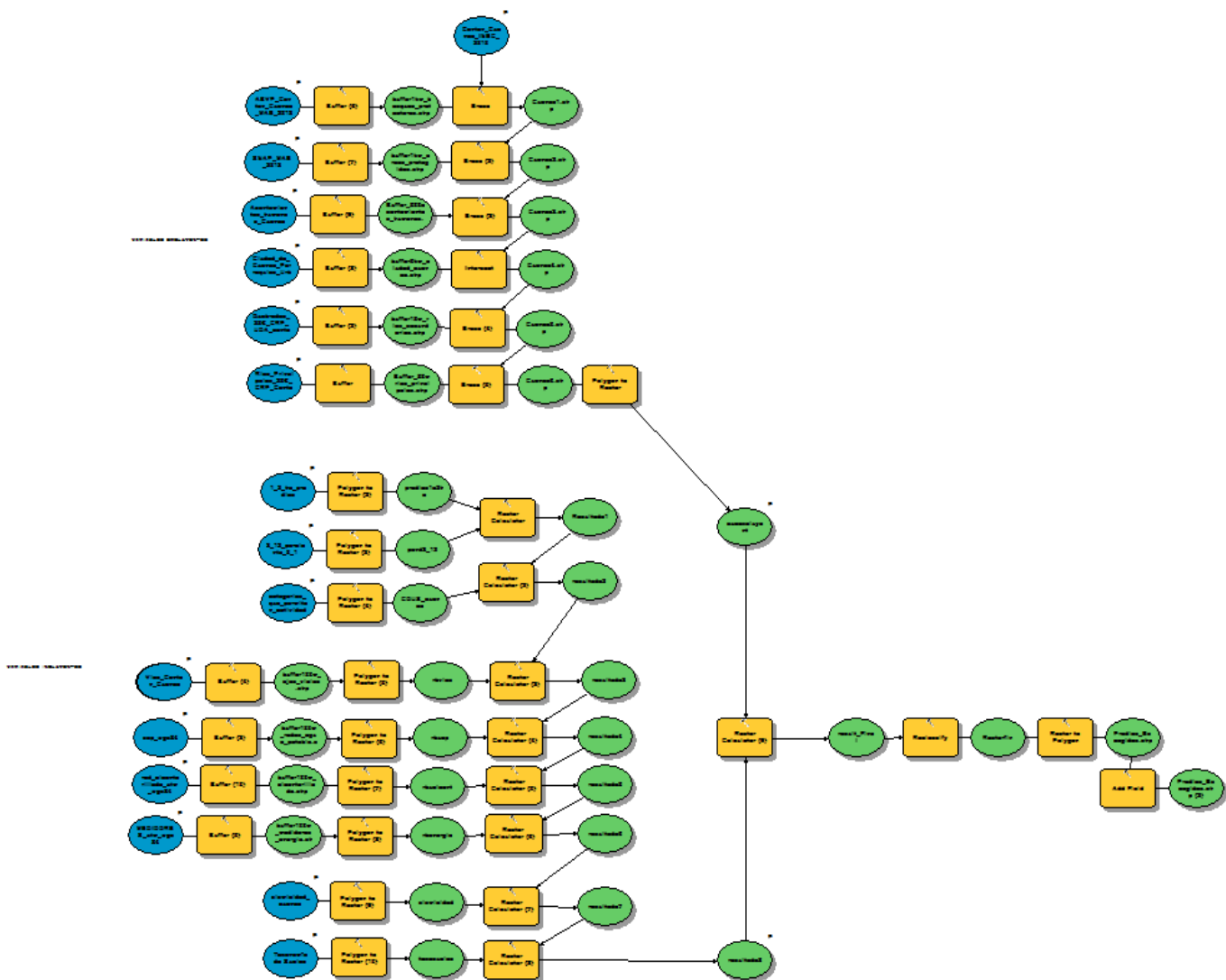
Este método se empleó tanto para las Variables Excluyentes como Incluyentes, así como en la interacción de estas en el álgebra de mapas, en las cuales se colocaron las ponderaciones de las variables incluyentes que de mayor a menor influencia tenían para el resultado deseado. Se debe destacar además que en primer lugar se realizó el álgebra de mapas (suma) con las variables incluyentes con peso ponderado 3, en segundo lugar (y con el resultado de las variables ponderadas 3), se realizó álgebra de mapas (Suma) con las variables ponderadas tipo 2, con el resultado de estas variables, se procedió a realizar álgebra de mapas (Suma) con las variables ponderadas tipo 1.



Mapa 27: Aplicación de la Herramienta Model Builder en Variables Incluyentes y Álgebra de Mapas



Luego de obtener los resultados parciales de variables incluyentes y excluyentes se realizó un enlace de las mismas (por medio de la suma en álgebra de mapas) que dio como resultado final los productos del presente estudio de tesis. A continuación se coloca el modelo completo para la presente tesis.



Mapa 28: Modelo Resultante



## **CAPITULO 4: CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación revelan que:

- Para las características y criterios más apropiados del terreno para la localización de la Planta de Hormigón Premezclado se utilizaron como referencia los Criterios emitidos y requeridos por la Empresa interesada, basados en las Normas que rigen la zona de estudio, es decir básicamente El Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Cuenca.
- Con referencia a la localización de áreas más apropiadas para la instalación de la Planta de Hormigón Premezclado y según el análisis multicriterio desarrollado en la herramienta SIG, fueron seleccionados 8 predios dentro de la zona de estudio, es decir la Ciudad de Cuenca en el Sector Noreste en la parte cercana a la ciudad de Azogues, provincia del Cañar. Como se esperaba los predios resultantes tienen áreas entre 1 y 2 Hectáreas.
- Al emplear los métodos para análisis multicriterio se puede concluir cuál sería la mejor opción.
- El uso de la Herramienta Model Builder, permitió el desarrollo del presente trabajo de una forma más efectiva, por lo que se concluye que la herramienta facilita los trabajos de este tipo.



## Bibliografía

- Agua, M. d. (2010). *Guía para la implementación, operación y cierre de los rellenos sanitarios*. Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- Ahersan, L. (2010). *Ahersan*. Recuperado el 28 de Octubre de 2013, de Ahersan: <http://www.ahersan.com/tipos-de-hormigon/8-articulos>
- Arancibia, S., Contreras, E., Mella, S., Torres, P., & Villablanca, M. (2006). *Evaluación multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura educativa*. Santiago: Departamento de Ingeniería Industrial.
- Bosque, J., & García, R. (2000). El uso de los sistemas de información geográfica. *Anales*, 49-67.
- Brak, A. (2007). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno mecanizado*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- De la Santa Barca, I. (2008). *Memoria de instalación de planta de fabricación de hormigón preperado*. Bilbao: Hormigones Almazan S.A.
- Duero, P. (s.f.). *Jose Isidro Torres. S.L.* Obtenido de [www.prefabricadosduero.es](http://www.prefabricadosduero.es)
- EDESAECO. (2012).
- Eolic, P. (2011). *Planta de hormigon*. Chile: Eolic partners.
- Fernández, A. (2000). *Diseño de una herramienta de evaluación multicriterio*. Madrid: Facultad de Informática.
- Gobierno Municipal, C. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca*. Cuenca: Municipio de Cuenca.
- Gobierno Provincial, A. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Cuenca: Gobierno Provincial.



hormigonfihp. (2013). *Generalidades*. Recuperado el 1 de octubre de 2013, de Generalidades: <http://www.hormigonfihp.org>

INEC. (2012). Análisis sectorial. *INFOECONOMÍA*, 1-8.

INEC. (2012). *ecuadorencifras.com*. Recuperado el 29 de octubre de 2013, de [ecuadorencifras.com](http://www.ecuadorencifras.com): <http://www.ecuadorencifras.com>: <http://www.ecuadorencifras.com>/edificaciones/

Jaramillo, G., & Liliana, Z. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Antioquía: Universidad de Antioquía.

Jiménez, M., & Cardozo, C. (2012). Congreso de Medio Ambiente. *Localización óptima del relleno sanitario aplicando técnicas multicriterio en sistemas de información geográfica en el área metropolitana del Alto Paraná* (págs. 1-20). La Plata: Medio Ambiente.

Montenegro, G. M. (2013). Evaluación Económica para la relocalización e instalación de una Planta de Hormigon.

Moreno Jiménez, J. M. (2001). El proceso analítico jerárquico (AHP) Fundamentos, Metodología y Aplicaciones. 33.

Ocaña, C., & Galacho, F. (2002). Turismo y tecnologías de la información y las comunicaciones. *Un modelo de aplicación de SIG y Evaluación Multicriterio al análisis de la capacidad del territorio en relación a funciones turísticas* (págs. 1-19). TuriTec.

Röben, E. (2002). *Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales*. Loja: DED, Ilustre Municipalidad de Loja.

Sabaté, P. (2000). *Plantas de hormigonato, tipo torre*. Barcelona: Centro de Investigación y asistencia técnica.

SENPLADES. (2010). *Agenda Zonal para el Buen Vivir: propuestas de desarrollo y lineamientos para el Ordenamiento Territorial*. Zona de planificación 6: SENPLADES.



Shlongji. (s.f.). *Planta mezcladora de concreto*. Recuperado el 2 de octubre de 2013, de  
Planta mezcladora de concreto: <http://www.shlongji.com.es/concrete-batching-plant.html>

Valpedra, E. (2004). *Sistemas de Información Geográfica, Teledetección y Evaluación Multicriterio en un estudio de evaluación de impacto ambiental*. Mendoza: Instituto de Cartografía, Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial.

Viteri, J. (2005). *Diseño de un sistema de aseguramiento de la calidad del hormigón premezclado aplicado en obra con HQ según comite ACI-121*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

Watson, D.F, G.M Philip. (1985). *A refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation*.