

# Modelo cartográfico para determinar áreas óptimas para la expansión urbana del distrito de Huánuco como aporte para la planificación

Cartographic model to determine optimal areas for the urban expansion of the Huanuco district as a contribution to the planning

Luz Alexandra Javier Silva <sup>1</sup>, Francisco Alejandro Alcántara Boza <sup>2</sup>

Recibido: Setiembre 2018 - Aprobado: Noviembre 2018

## RESUMEN

La investigación se basó en el análisis de la asociación del componente espacio temporal utilizando los Sistemas de Información Geográfica, con información asociada (gráfico-tabular), permitiendo la aplicación de cálculos espaciales mediante el proceso analítico jerárquico; obteniendo respuestas numéricas y dando como resultado 05 áreas, mediante un modelo de selección; que cumplen las condiciones para el asentamiento poblacional, tomando en cuenta la interacción de los factores: Físicos, (Pendiente, Peligros, Geología, Geomorfología y Ríos) y Socioeconómico (Vías, Aeropuerto, Centros de Salud, Instituciones Educativas, Turismo y Áreas de Recreación) de los cuales; el factor físico es el más influyente durante el proceso de urbanización por ser condicionante del crecimiento urbano, incrementando la vulnerabilidad por efecto del aumento y presión de la urbanización.

Concluyendo, dos de las áreas seleccionadas por el modelo fueron clasificadas: "Área 004" y "Área 005" como "Óptimas", que cumplen con las condiciones idóneas para la expansión urbana en el distrito de Huánuco como aporte a la planificación.

**Palabras clave:** Modelo cartográfico; crecimiento urbano; sistemas de información geográfica; planificación urbana.

## ABSTRACT

The investigation was based on the analysis of the association of the space-time component using the Geographic Information Systems with associated information (graphic-tabular), allowing the application of spatial calculations, through the hierarchical analytical process; obtaining numerical answers, and resulting in 06 areas, by means of a selection model; that meet the conditions for population settlement, taking into account the interaction of the factors: Physical, (Pending, Dangers, Geology, Geomorphology and Rivers) and Socioeconomic (Roads, Airport, Health Centers, Educational Institutions, Tourism and Recreation Areas ) of which; The physical factor is the most influential during the urbanization process as it is a condition for urban growth, increasing vulnerability due to the increase and pressure of urbanization.

Concluding, two of the areas selected by the model were classified: "Area 004" and "Area 005" as "Optimums", which meet the ideal conditions for urban expansion in the Huánuco district as a contribution to planning.

**Key words:** Cartographic model; urban growth; geographic information systems; urban planning.

<sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Sociales. Lima, Perú. Geógrafa. E-mail: lualjasigeo@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minas, Metalúrgica y Geográfica. Lima, Perú. Ingeniero Geógrafo. E-mail: falcantarab@unmsm.edu.pe

## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano en los últimos cincuenta años, ha tenido una tendencia exponencial, causando diferentes impactos en el ambiente, (Londoño, 2007), (Bazant, 2010). El hacinamiento en áreas propensas a riesgos ambientales, genera serios problemas para la vida, causando enfermedades, muerte y pérdida de la productividad (Burgess, 1929), (Cristian, 2007). El distrito de Huánuco, es parte de esta problemática, actualmente la municipalidad de Huánuco no cuenta con un Plan de Desarrollo Urbano para regular el crecimiento desordenado de asentamientos humanos; Así mismo, se observan construcciones de viviendas con piedra y barro (alrededores de la ciudad), en zonas declaradas en emergencia; parte media de los cerros San Cristóbal, Marabamba y Rondos.

La urbanización de la periferia ha promovido nuevas teorías para el crecimiento urbano, como postula Von Thunen (1826), quien notó que el valor monetario del suelo rural se va incrementando a medida que se incorpora a la ciudad, pero que este incremento es solo el comienzo de la disputa de los valores del suelo entre áreas urbanas; por tanto; el valor del suelo manifiesta los primeros patrones que conforman la estructura urbana (Romero, et al. 2007).

Mientras tanto, Haig (1927), postuló que la actividad urbana busca la localización de máxima accesibilidad, los espacios de mejor accesibilidad adquieren mayor valor, dada la competencia por el suelo urbano. En estos sitios se ubicarán aquellas actividades de mayor rentabilidad.

El crecimiento urbano, evidencia un alto impacto: modificando sus límites, fragmentando estructuras existentes y generando otras (Romero, et al, 2007), este hecho, se pone de manifiesto al observar las enormes superficies de suelos con capacidad agrícola, humedales, lecho de ríos y quebradas, las cuales han sido urbanizadas, perturbando severamente los flujos de energía, materia y movimiento.

A parte de estos efectos, se puede evidenciar otros cambios que afectan a la sociedad a nivel espacial, como son la diferenciación espacial por estrato socioeconómico, la segregación socio-ambiental, la aparición de asentamientos humanos, focos de marginalidad, conglomerados industriales, condominios, etc. (Contreras, 2009)

Por tanto, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo cartográfico, utilizando como herramienta el software ArcGIS 10.3, para determinar áreas óptimas para la expansión del asentamiento urbano del distrito de Huánuco.

La hipótesis a desarrollar, el modelo cartográfico alcanza una eficiencia entre 50-60% para determinar áreas óptimas para la expansión urbana del distrito de Huánuco.

## II. METODOLOGÍA

El distrito de Huánuco forma parte de la provincia de Huánuco del departamento de Huánuco en Perú (Figura 1), con una superficie de 96.55 Km<sup>2</sup> y representa 0.01% de la superficie del país. Presentando un total de 96,755 hab. en el año 2017. (INEI, 2007)

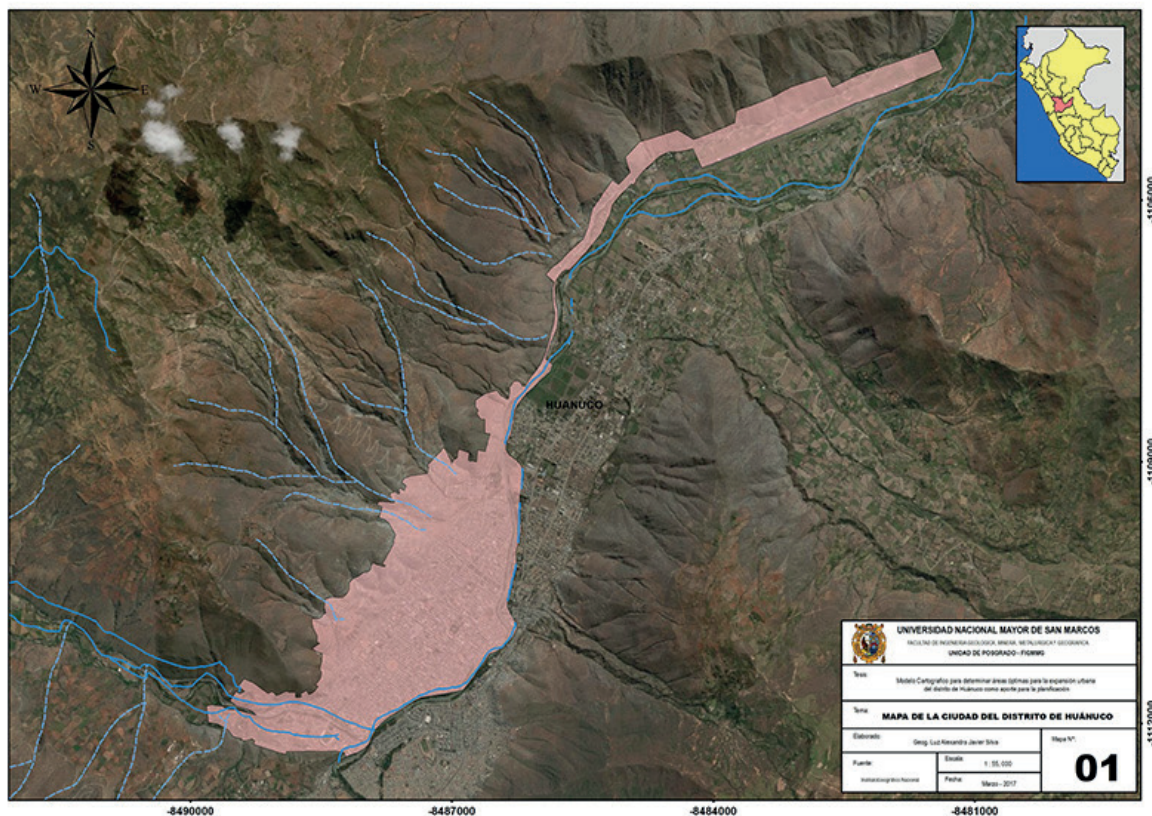


Figura 1. Mapa de localización de la ciudad del distrito de Huánuco - Perú  
Fuente: Elaboración propia

El proceso de investigación considera cuatro (4) fases: Fase de la recolección de la información, análisis y tratamiento de la información, campo y gabinete.

En la Figura 2, se presenta un flujograma para la elaboración del modelo cartográfico para determinar áreas óptimas para la expansión urbana, detallando subprocesos dentro de su desarrollo.

Como parte de la metodología se tiene en consideración el árbol de criterios de selección, de forma gráfica; según la obtención por procesos de los criterios, presentándose las áreas denominadas “óptimas” de color verde y de color

rojo las áreas “restringidas” (figura 3). Una vez elaborado los criterios, pasan a agruparse en factores y culmina en el producto denominado Modelo para la Expansión Urbana, donde se aplican criterios excluyentes y se obtiene como producto final las áreas óptimas para la expansión urbana.

El tipo de información que se utilizó para elaborar el modelo cartográfico son: satelital (Aster, Landsat 8), fotografía aérea (1998), estadística (INEI, 2007), temática geológica (carta nacional, geomorfológica y riesgos) y estudios (geológico, zonificación provincial, movimientos en masa y riesgos geológicos). (INGEMMET, 2006).

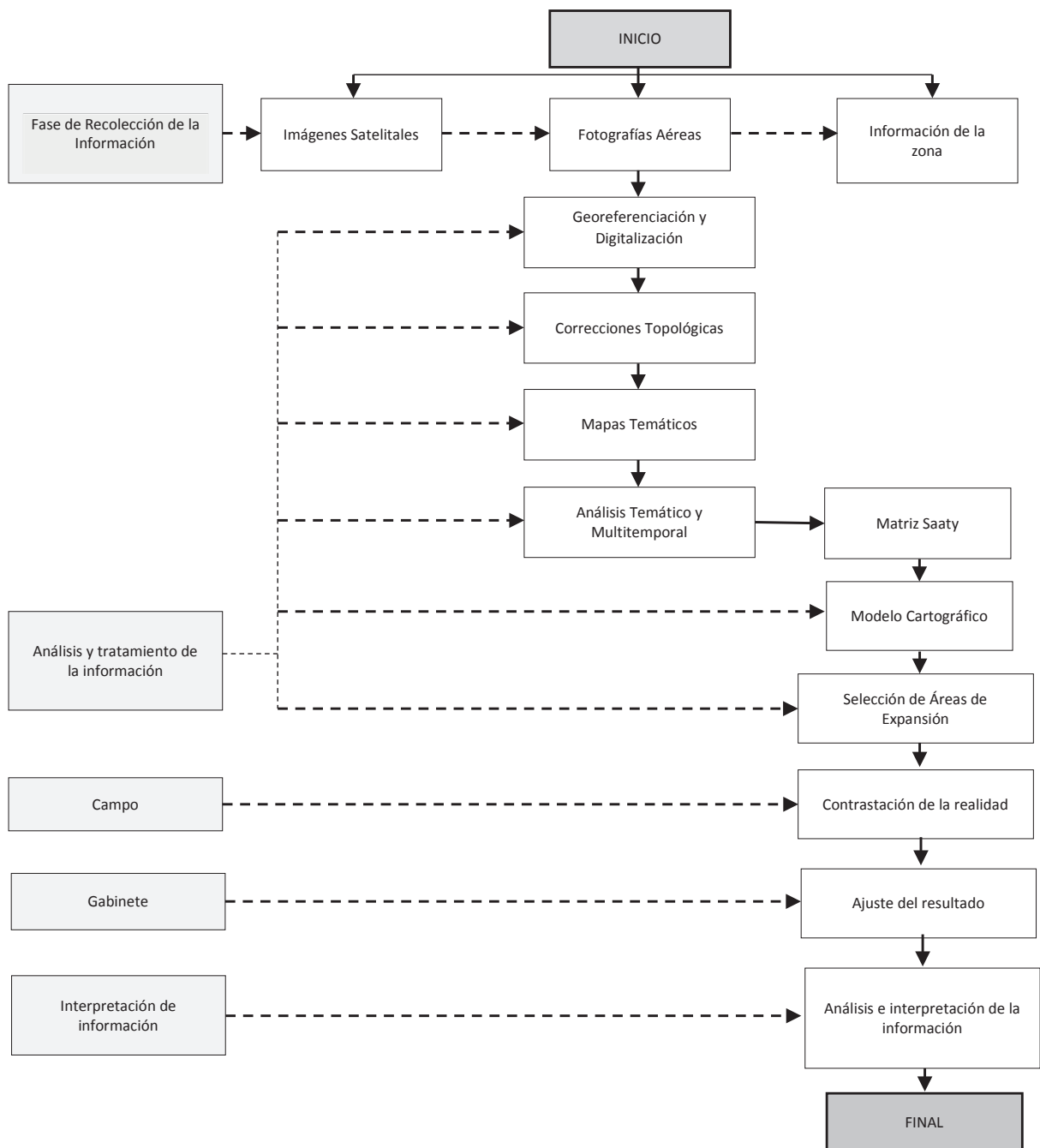
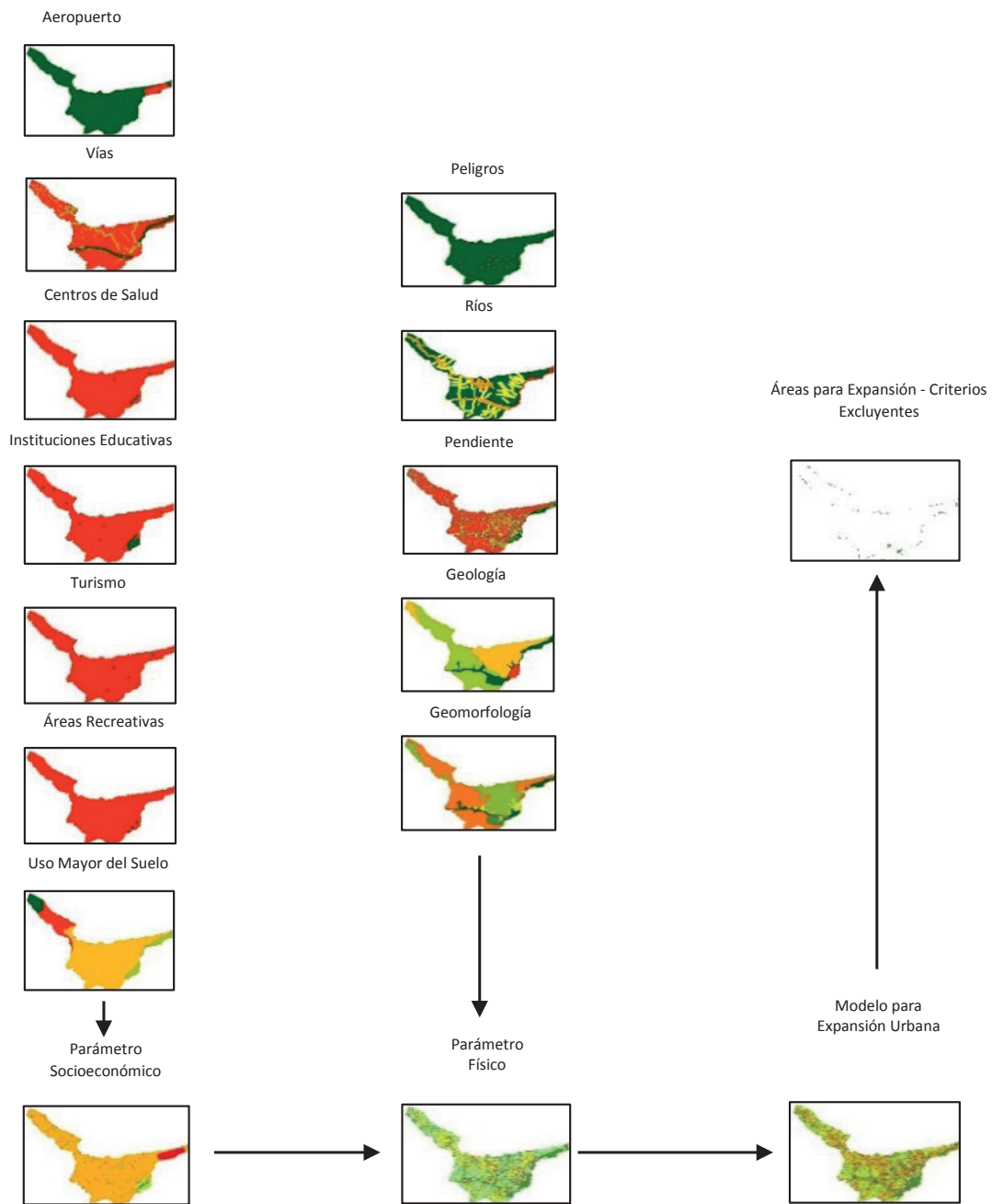


Figura 2 Flujograma del modelo cartográfico



**Figura 3.** Flujograma del Árbol de Criterios de Selección

En el procesamiento de datos, se utilizó el software ArcGIS 10.3, comenzando con la georeferenciación de la información primaria (Fotografía Aérea, imagen satelital), así como la información secundaria (Mapas temáticos), para luego ser digitalizadas, según la información de interés, creando un enlace gráfico – tabular, para luego proseguir con las correcciones Topológicas, para comprobar la integridad de la información y validación de las representaciones dentro de la geodatabase.

Para la evaluación del conjunto de alternativas en términos de un conjunto de criterios de decisión, se utilizó el proceso de Análisis Jerárquico (AHP), posteriormente

se realizó una relación de consistencia para determinar su validación (Saaty, 1980).

Una vez obtenidos los pesos o ponderaciones para cada característica de los criterios, en base a las escalas para asignación de peso (1 a 9), se realizaron comparaciones de criterios por cada factor, determinando los parámetros.

El diseño del modelo cartográfico se realizó con la herramienta Model Builder, perteneciente al software ArcGIS 10.3, donde se introdujeron los criterios, encadenados por geoprocursos, utilizando la herramienta intersección, se determinó una sumatoria lineal ponderada,

utilizando los pesos y parámetros obtenidos para cada criterio, esta se resume en la ecuación 1:

$$N_{mte} = \sum_i \sum_j (Mte * W_j) \quad \text{Ecuación ... 1}$$

Donde:

Nmte = Áreas Óptimas para la expansión Urbana,

Mte = Porcentaje de cada criterio,

Wj = Ponderación o peso para cada característica por criterio.

La Tabla 1, presenta los parámetros asignados por criterio y para los factores, una vez desarrollada la matriz de comparaciones pareadas (Saaty), en la cual el criterio de peligros físicos toma el máximo valor y en el factor socioeconómico, el aeropuerto se considera mayor criterio.

**Tabla 1.** Parámetros asignados para criterios y factores

Factor	Criterios	Parametro / Criterio	Parametro / Factor
Físico	Pendiente	0.17	0.75
	Peligros	0.39	
	Geología	0.12	
	Geomorfología	0.07	
	Ríos	0.25	
Socioeconómico	Vías	0.13	0.25
	Aeropuerto	0.39	
	Centros de Salud	0.18	
	Instituciones Educativas	0.14	
	Turismo	0.05	
	Áreas Recreativas	0.03	
	Uso Mayor del Suelo	0.07	

Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinado cada factor, hallados los parámetros con la ayuda de la herramienta intersección, se realizó una vez más la sumatoria lineal ponderada para determinar el Modelo para la Óptima Expansión Urbana, ver Figura 4., en la cual se muestra de forma resumida, todos los procesos empleados para la obtención del resultado final.

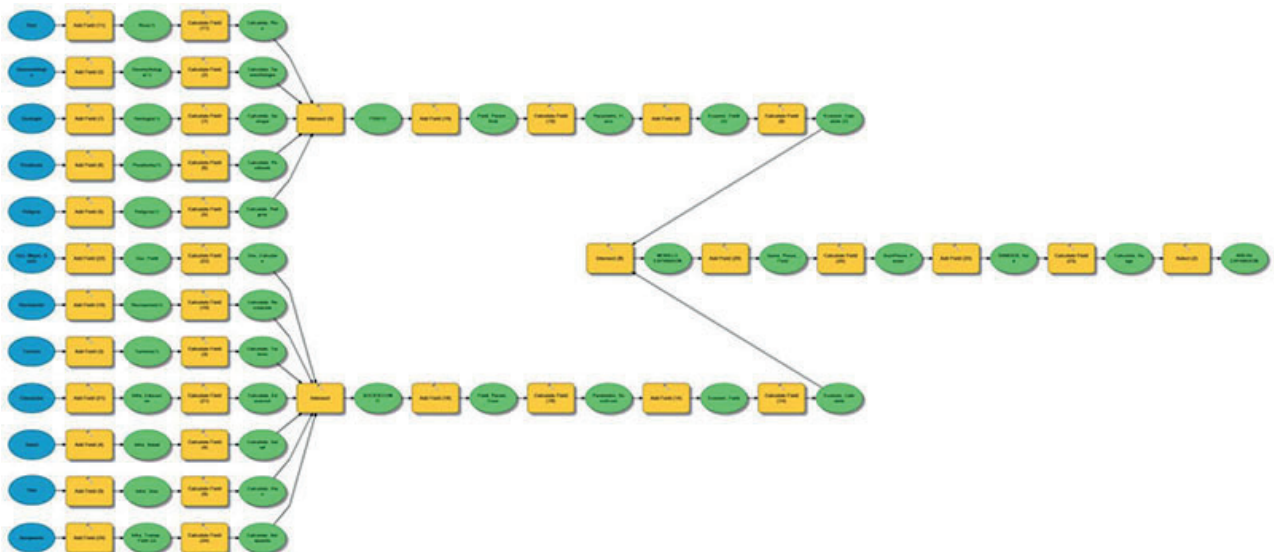
Para la selección de las áreas obtenidas en el resultado, se realizó en base al método de clasificación Natural Breaks, utilizando 4 tipos de clases: 1 (Restringido), 2 (Bajo), 3 (Medio) y 4 (Óptimo). Seleccionando las áreas categorizadas como óptimas, para luego con la ayuda de la herramienta errase, quitarle el área urbana actual del distrito, así como realizar una selección de áreas > 10 Hectáreas (Figura 3).

Una vez obtenidas las áreas para la contrastación de resultados, se procedió a la búsqueda de estas con la ayuda del GPS, bajo coordenadas métricas en forma de puntos, para comprobar las condiciones adecuadas para la expansión urbana donde se realizó la aplicación de criterios excluyentes locales como: uso actual del terreno, morfología espacial, infraestructura básica, cercanía a vías de acceso; entre otros, para la discriminación de áreas y la selección de mejores alternativas.

### III. RESULTADOS y DISCUSIÓN

El proceso de avance de urbanización para el distrito de Huánuco, se dio de la siguiente manera: 1778 (183.1 Ha), 1962 (4.3 Ha), 1982 (70.5 Ha), 1998 (49.6 Ha), 2009 (11.1 Ha) y 2013 (24.9 Ha). (Figura 5)

Respecto al crecimiento poblacional urbano, según los años indicados, se muestran ligeros avances en cuanto a superficie, a excepción de 1982 (70.5 Ha) y presentando un fuerte incremento poblacional en 1998 (68,224 hab.), año que presentó cambios con alta variación, probablemente



**Figura 4.** Modelo Cartográfico para la Óptima Expansión Urbana

debido a las migraciones internas a causa del terrorismo (Comisión de la Verdad y Reconciliación, 2003).

La Figura 6, representa el crecimiento acelerado de la ciudad de Huánuco, donde se visualiza según los años intercensales la cantidad de población (barras de crecimiento, verdes) y las hectáreas que se usan por año como asentamiento humano (línea de tendencia, amarilla).

En los últimos cinco años, los sectores que han presentado mayor crecimiento en viviendas son: Las Moras (39%) y Aparicio Pomares (42%), y aproximadamente 20 asentamientos humanos que se encuentran en proceso de legalización. En su mayoría, los barrios urbano marginales no cuentan con servicios básicos, por falta de documentos de saneamiento físico legal y presupuesto por parte de las entidades del Estado.

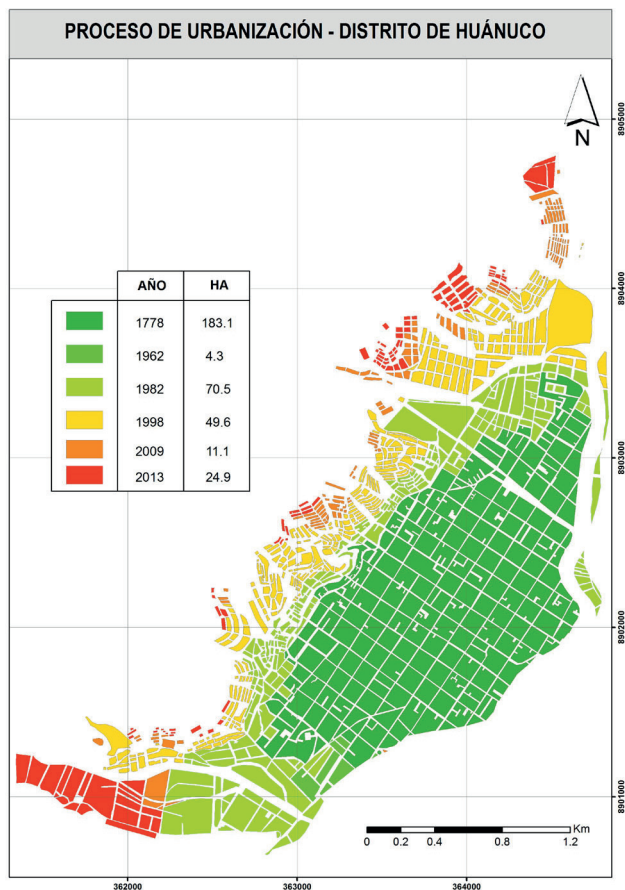


Figura 5. Proceso de Urbanización - Distrito de Huánuco

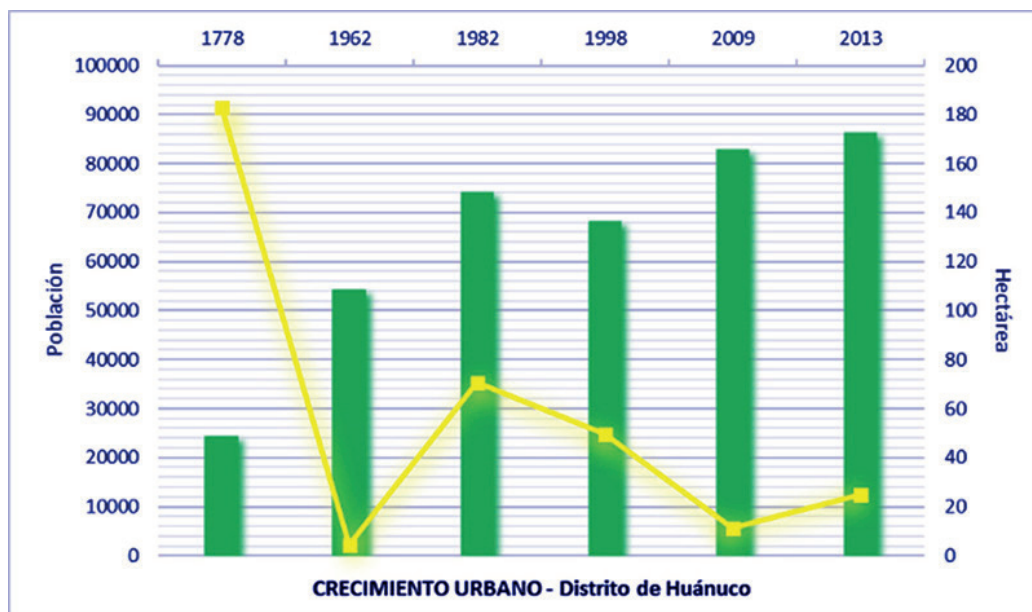


Figura 6. Crecimiento Urbano del distrito de Huánuco

Como resultado del proceso de la elaboración del modelo de localización, mediante la selección espacial utilizando el software ArcGIS, en base a los factores y criterios más influyentes en el proceso de urbanización para evitar desequilibrios debido a la presión urbanística y una planificación inadecuada, se obtuvieron 05 áreas posibles,

los cuales no necesariamente se encuentran en el orden que se presenta en la Tabla 2, donde se indica coordenadas de localización y características más importantes encontradas durante la etapa de contrastación de resultados para las áreas seleccionadas:

**Tabla 2.** Áreas Óptimas para Expansión Urbana

Fotografía	Características	
<b>Alternativa 01</b>	<b>X: 359854</b>	<b>Y: 8901178</b>
	<p>El área óptima "Área 001", se encuentra ubicado en el caserío de Marabamba Baja, ubicado a 2057 m.s.n.m, con una extensión de 12 Ha, medio de acceso trocha. La principal actividad económica es agrícola por la presencia de cultivos de maíz, camote, entre otros. Respecto a las condiciones del terreno, presenta una pendiente de 8%, forma de relieve ligeramente inclinado, con dirección del viento de Norte a Oeste por las mañanas.</p>	
<b>Alternativa 02</b>	<b>X: 359953</b>	<b>Y: 8901445</b>
	<p>El "Área 002", perteneciente al caserío Marabamba Baja, con una elevación de 2031 m.s.n.m, de extensión 8 Ha. Pendiente de inclinación 6%, de forma ligeramente inclinada, presenta una depresión con dirección al noreste. Se observó la presencia de cultivos de maíz, hortalizas, caña de azúcar entre otros. El medio de acceso es una carretera tipo trocha, además se registró la presencia de cultivo de maíz, hortalizas, entre otros.</p>	
<b>Alternativa 03</b>	<b>X: 361517</b>	<b>Y: 8900382</b>
	<p>"Área 003", con una extensión de 26 Ha, ubicado en el caserío Marabamba Alta, con una altitud de 2010 m.s.n.m. Con una pendiente de inclinación de 12%, forma de relieve ligeramente inclinada, predominancia de la dirección del viento: Norte a Oeste por las mañanas. Se observó el área en proceso de consolidación del espacio periurbano.</p>	
<b>Alternativa 04</b>	<b>X: 367851</b>	<b>Y: 8907373</b>
	<p>El área óptima "004", se encuentra a 1847 m.s.n.m, con una extensión de 12 Ha., perteneciente al centro poblado Colpa Alta, frente al aeropuerto de la ciudad de Huánuco, el cual genera impactos positivos (ingresos económicos al distrito), así como impactos negativos (contaminación acústica). El medio de acceso, carretera asfaltada principal, además de presentar una pendiente del 4%, ligeramente plano.</p>	
<b>Alternativa 05</b>	<b>X: 370191</b>	<b>Y: 8908900</b>
	<p>La alternativa del "Área 005", de una extensión de 11 Ha., se presenta a 1835 m.s.n.m, a una distancia de 687 metros del centro poblado Santa María del Valle, el medio de acceso es la carretera asfaltada principal con dirección a la ciudad de Tingo María. Las condiciones del terreno presenta una pendiente de 2%, de forma de relieve plano, con una dirección del viento de Sur a Norte.</p>	

Fuente: Elaboración propia

Una vez aplicado los criterios excluyentes terminado la etapa de campo, se determinó la selección de dos áreas definidas como óptimas: “Área 004” y “Área ‘005” presentando condiciones ideales para el asentamiento de la de población futura, dichas áreas se encuentran cercanas al aeropuerto, la vía de acceso común es la carretera central a una distancia de 4 y 6 Km de la ciudad de Huánuco, respectivamente, logrando así su pronto abastecimiento de servicios básicos. Cifuentes y Londoño (2010) destacaron la existencia de factores influyentes para el crecimiento de la ciudad de Manizales, como: equipamientos educativos, salud y especiales como aeropuerto, los cuales fueron semejantes a los criterios excluyentes aplicados en la etapa final de la investigación.

La metodología propuesta se basa en la jerarquización de variables físico y socioeconómico, determinadas por la dimensión espacial y grados de intervención, reconciliando los conceptos homogeneidad y continuidad, como lo planteado en la investigación de Carrera y Chicharro (2000). Para la superposición de Mapas temáticos obtenidos mediante SIG y análisis de imágenes satélite Landsat, se adicionó la matriz de conflicto de uso del suelo, logrando el cruce de información del uso potencial y real del suelo, como el estudio realizado por Ayala, Cabrera y Quispe (2007)

Los SIG utilizados durante el proceso de elaboración y levantamiento de información permitieron cartografiar los resultados para cada etapa de análisis, donde se encontraron diferencias socio espaciales, semejante al estudio realizado por Berú, Lapo y Chávez (2015), dentro de la fase de diagnóstico para la microzonificación urbana, mediante el uso de los SIG y de la mano con la investigación en campo elaboraron la cartografía, permitiendo el diagnóstico del componente físico, con la finalidad de exponer los principales problemas y plantear posibles alternativas.

La presente investigación junto con la realizada por Bosque y García, (2000); comprueban la efectividad del uso de las herramientas SIG como ayuda para resolver problemas de planificación urbana y formas de ocupación del territorio. Según los porcentajes obtenidos del incremento de la población como base para la expansión urbana en hectáreas (1.05%) por año, representan un crecimiento urbano acelerado, en un estudio similar realizado por Cano, Rodríguez, Valdez, Acevedo y Beltrán (2016), analizaron la cuantificación del crecimiento en el estado de Hidalgo, mediante un análisis multitemporal con el uso de imágenes Landsat, donde se determinó el crecimiento de la superficie urbana y la tasa de crecimiento por año.

La hipótesis planteada en la investigación fue definida en función de los valores (óptimo y medio) que juntos suman un 70%, el cual se vio reflejado en la hipótesis donde se establece una eficiencia entre el 50-60%, para lo cual se procedió a comprobar por medio de los valores del chi cuadrado, donde se obtiene el valor de chi tabla 54,57 y el valor de la chi prueba 297,5, indicándose la aceptación de H1: “El Modelo cartográfico alcanza una eficiencia entre 50-60% para la localización óptima para expansión urbana del distrito de Huánuco” y negando H0: El Modelo cartográfico no alcanza una eficiencia entre 50-60% para la localización óptima para expansión urbana del distrito de Huánuco”, por encontrarse dentro de la zona de aceptación de la operación. (Ver Figura 7)

#### IV. Conclusiones

1. Se comprobó la hipótesis de la eficiencia del Modelo Cartográfico para las 05 áreas óptimas seleccionadas, mediante la prueba chi cuadrado, determinando la aprobación de la hipótesis planteada para la investigación.

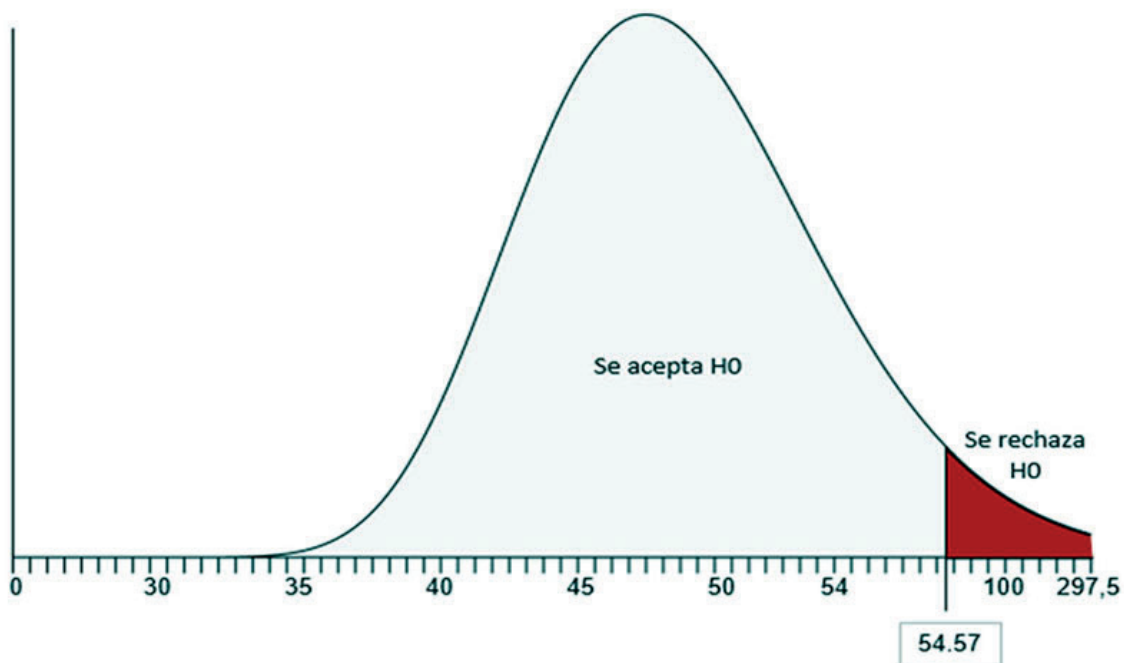


Figura 7. Gráfico Chi Cuadrado



2. La alternativa “Área 004” y “Área 005” resultaron ser las más adecuadas para la expansión urbana, por encontrarse cerca de la ciudad de Huánuco, logrando así, su pronto abastecimiento de servicios básicos, mejor accesibilidad, y poseer una superficie de 12 Ha y 11 Ha, correspondientemente, que beneficiará a un mayor número de pobladores.
3. De acuerdo al resultado del análisis multitemporal para el crecimiento urbano, se aprecia que existe una tendencia de crecimiento continuo con una tasa de crecimiento anual aproximada de 1.05% del periodo 1993 – 2007 lo que significaría que para el año 2050, Huánuco necesitará unas 110.7 ha. aptas para ser urbanizadas.
8. Carrera, M. C y Chicharro, E. (2000). *Las grandes superficies comerciales: su relación con la red viaria orbital en la Comunidad de Madrid*. Universidad Complutense, Madrid-España.
9. Cifuentes Ruiz P.A. y Londoño Linares J.P. (2010). *Análisis del crecimiento urbano: Una aproximación al estudio de los factores de crecimiento de la ciudad de Manizales como aporte a la planificación*. Gestión y Ambiente, 53-66. Colombia.
10. Comisión de la Verdad y Reconciliación (2003). Informe Final de la Comisión de la Verdad y Reconciliación. El Peruano, Lima-Perú.
11. Contreras M. (2009). Análisis de la estructura socio-territorial de la ciudad de Valdivia: efectos de la globalización en una ciudad intermedia del sistema urbano chileno. Santiago-Chile.

#### IV. Referencias Bibliográficas

1. Ayala Gutiérrez M., Cabrera Carranza C.F. y Quispe V. J. (2007). *Conflictos de uso del suelo y zonas ambientalmente críticas en la zona costera-marina de Lima metropolitana*. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG-UNMSM.
2. Bazant J. (2010). Expansión urbana incontrolada y paradigmas de la planeación urbana. Espacio Abierto, 475-503.
3. Berú J.C., Lapo B, Chávez J.A. (2015). *Microzonificación urbana y desarrollo sostenible territorial: Caso de Puerto Bolívar - Ecuador*. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG-UNMSM.
4. Bosque S. y García C.R. (2000). El Uso de los Sistemas de Información Geográfica en la planificación Territorial. Madrid, España.
5. Burgess E. (1929). Urban Areas. Chicago, USA.
6. Cabrera Carranza C. (2000). *Aplicación Metodológica a estudios de Zonificación Ecológico-Económica en Áreas Litorales. Caso: Chimbote*. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG-UNMSM.
7. Cano Salías L., Rodríguez Laguna R., Valdez Lazalde J., Acevedo Sandoval O.y Beltrán Hernández R. (2016). Detección del crecimiento urbano en el Estado de Hidalgo mediante imágenes landsat. *Instituto de Geografía*. Universidad Nacional Autónoma de México-UNAM, 65-73.
12. Cristian H. R. (2007). *Propuesta de Modelos predictivos en la planificación territorial y Evaluación de Impacto Ambiental*. Scripta Nova, 41-58 Revista Electrónica De Geografía y Ciencias Sociales, Barcelona-España.
13. Haig R. (1927). Regional survey of N. York and its environs major economic factors in metropolitan growth and arrangement. New York.
14. INGEMMET (2006). *Estudio de Riesgos Geológicos en la Región de Huánuco*. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; n° 34 por Zavala Carrión, B.L. y Vilchez Mata M.S., Lima-Perú
15. Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI (2007). *Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda*. Lima-Perú.
16. Londoño L. (2007). *Evaluación holística del riesgo a deslizamientos en áreas urbanas andinas*. Estudio de caso: Manizales. Colombia.
17. Romero H., Molina M., Moscoso C., Sarricolea P. y Smith P. (2007). Caracterización de los cambios de usos y coberturas de suelos causados por la expansión urbana de Santiago, análisis estadístico de sus factores explicativos e inferencias ambientales. Santiago-Chile.
18. Saaty T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGrawHill, USA.
19. Von Thunen J.H. (1826). *The Isolated State in relation to agriculture and national economy*. Jena, Alemania.

