

METODO SAATY-EVALUACIÓN DE VARIABLES

1.- DEFINIR LAS VARIABLES

Aquí se describen las variables que se utilizará para cada amenaza utilizando criterios de comparación definidos por Saaty:

Tabla 3.37 Criterios de comparación y valores numéricos, propuestos por Saaty

Criterios	Valores numéricos
Igual importancia al comparar dos variables	1
Moderada importancia de una variable sobre otra	3
Fuerte importancia de una variable sobre otra	5
Muy fuerte importancia de una variable sobre otra	7
Extrema importancia de una variable sobre otra	9
Valores de comparación intermedios	2,4,6,8

En el cálculo de los pesos de cada E.T., y sus respectivas V, se utilizará el Método Jerárquico para Asignación de Pesos, propuesto por Saaty, el cual tiene como objetivo: “Determinar los pesos o coeficiente (Ci) con los que intervienen un grupo de variables independientes (Xi) en combinación (modelo), con el fin de obtener el valor de una variable dependiente ($Y = C1 \cdot X1 + C2 \cdot X2 + C3 \cdot \dots + Cn \cdot Xn$)”.

2.- CALIFICAR LAS VARIABLES

En segundo lugar, se debe calificar cada par de variables (en este caso, con lo mostrado en la Tabla 3.37), con los que se obtiene una primera matriz con los valores expresados como $I1/I2, I1/I3, \dots, I1/In$.

Tabla 3.38 Procedimiento para calificar cada par de variables, propuesto por Saaty

Variables	X1	X2	...	Xn
X1	1	$I1/I2$	...	$I1/In$
X2	$I2/I1$	1	...	$I2/In$
...	...	...	1	...
Xn	$In/I1$	$In/I2$	...	1

Fuente: SIG y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio, 2.005

3.- CÁLCULO Y NORMALIZACIÓN

Posteriormente, se calcula los autovectores (W_i), donde:

$$\begin{aligned}
 W1 &= (1 \cdot I1/I2 \cdot I1/I3 \cdot \dots \cdot I1/In)^{1/n} \\
 W2 &= (I2/I1 \cdot 1 \cdot I2/I3 \cdot \dots \cdot I2/In)^{1/n} \\
 \dots Wn &= (In/I1 \cdot In/I2 \cdot \dots \cdot 1)^{1/n} \\
 W &= W1 + W2 + W3 + \dots + Wn
 \end{aligned}$$

PESOS: Además, se debe calcular los pesos parciales de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 P1 &= 1/I2/I1 + \dots \cdot In/I1 \\
 P2 &= 1/I1/I2 + \dots \cdot In/I2 \\
 \dots Pn &= 1/I1/In + I2/In \dots + 1
 \end{aligned}$$

El siguiente paso, es normalizar los autovectores a 1:

$$\begin{aligned}
 C1 &= W1/W \\
 C2 &= W2/W \\
 \dots Cn &= Wn/W
 \end{aligned}$$

Al final, se forma una matriz, donde los autovectores normalizados, serán los pesos de las variables, los cuales forman parte de la ecuación de la variable dependiente creada, Y (Ver Tabla 3.39).

Tabla 3.39 Matriz del Método Jerárquico para Asignación de Pesos, propuesto por Saaty

Variables	X1	X2	...	Xn	Wi	Ci
X1	1	I1/I2	...	I1/In	W1	C1
X2	I2/I1	1	...	I2/In	W2	C2
...	...	...	1	...	...	...
Xn	In/I1	In/I2	...	1	Wn	Cn
	P1	P2	...	Pn	W	

Fuente: SIG y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio, 2.005

4.- EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA

El siguiente paso, es la evaluación de consistencia de la matriz formada, por lo que se debe calcular los λ_i , que están dados por:

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= C1 * P1 \\ \lambda_2 &= C2 * P2 \\ \dots \lambda_n &= Cn * Pn\end{aligned}$$

Para determinar si la matriz es consistente, se debe calcular el $\lambda_{max} = \sum \lambda_i$, y si este valor se acerca al número de variables independientes (n), la matriz, es consistente. Seguido de este cálculo, se puede determinar el Índice de consistencia (CI), que determina la desviación del vector λ_{max} respecto a n. Asimismo, se puede calcular el Índice de consistencia aleatorio (RCI), de la siguiente manera:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \qquad RCI = \frac{1,98 * (n - 2)}{n}$$

A continuación, se procede a calcular la relación de consistencia, $CR = CI / RCI$, en donde, mientras menor sea la relación de consistencia CR, más consistentes son los criterios dados por los especialistas. Si CR, es mayor a 0,10 los criterios son inconsistentes. Al final, el resultado de la ecuación de la variable dependiente creada será un *Índice*.

VULNERABILIDADES

FACTOR FÍSICO

■ VIAS DE COMUNICACIÓN

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Autopista	Camino pavimentado de dos o más vías con separador
Camino 1	Pavimentado de dos o más vías
Camino 2	Lastrado de dos o más vías
Camino 3	Pavimentado de una vía
Camino 4	Lastrado de una vía
Camino 5	De verano
Camino 6	De herradura
Camino 7	Sendero
Línea férrea	Vía del ferrocarril

CLASES	DESCRIPCIÓN
1	Camino pavimentado de dos o más vías, autopista
2	Camino pavimentado de una vía, lastrado de dos o más vías

3	Camino lastrado de una vía, línea férrea
4	Camino de verano, herradura, sendero

CATEGORÍAS, PONDERACIÓN INDICADORES, PESOS		TIPO DE VÍA	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	DISTANCIA AL RÍO < 500 m	SUMATORIA
		5	9	8	88
MUY ALTA	4	Camino de verano, herradura, sendero	Tierra	X	
ALTA	3	Camino lastrado de una vía, línea férrea	Lastre	X	
MEDIA	2	Camino pavimentado de una vía, lastrado de dos o más vías	Pavimento, Lastre	X	
BAJA	1	Camino pavimentado de dos o más vías, autopista	Pavimento, Hormigón	X	22

INUNDACIONES		
Vulnerabilidad	Tipo de Vía	km Aprox.
MUY ALTA	Camino de Herradura	668
	Camino de Verano	
	Sendero	
ALTA	Camino lastrado de una vía	284
MEDIA	Camino Lastrado de dos o más vías	79
	Camino Pavimentado de una vía	
BAJA	Camino Pavimentado de dos o más vías	8
SIN VULNERABILIDAD		1291
TOTAL		2330

VIVIENDAS

Código	HORMIGON	MAMPOSTERIA	MADERA	CAÑA GUADUA	TOTAL
--------	----------	-------------	--------	-------------	-------

	TECHO			PARED			PISO			ESTRUCTURA						
Código	Losa	Asbesto	Zinc	Paña	Adobe	Madera	Caña	Entablado	Baldosa	Caña	Tierra	Hormigon	Hierro	Mamposte	Madera	TOTAL

VULNERABILIDAD SOCIAL

DENSIDAD POBLACIONAL

DENSIDAD POBLACIONAL (HAB./Km2.)	VULNERABILIDAD
100 – 142	MUY ALTA
55 - 99	ALTA
27 – 54	MEDIA
1 – 26	BAJA

SERVICIOS BÁSICOS

CATEGORÍAS, PONDERACIÓN		ABASTECIMIENTO DE AGUA	ELIMINACIÓN DE AGUAS SERVIDAS	BASURA	SUMATORIA	
		9	8	4	84	
INDICADORES, PESOS	MUY ALTA	4	RÍO, OTRO	POZO CIEGO, OTRO	OTRO	
	ALTA	3	POZO	POZO SÉPTICO	INCINERACIÓN	
	MEDIA	2	CARRO REPARTIDOR	POZO SÉPTICO	TERRENO BALDÍO	
	BAJA	1	RED PÚBLICA	RED PÚBLICA	RED PÚBLICA	21

VULNERABILIDAD ECONÓMICA

Dentro de esta categoría se utilizaron los cuatro sistemas de producción establecidos dentro de la metodología, a saber: Empresarial, Combinado, Mercantil, Marginal, que contempla los medios de producción como semilla, mano de obra, maquinaria, riego, acceso y tenencia de la tierra, destino de la producción entre otros

Indicador Pesos	Categorías Ponderación	Sistemas de Producción	Actividad Económica	Sumatoria para definir rangos y niveles de vulnerabilidad
		10	5	
MUY ALTO	4	Marginal , sistema desligado del crecimiento económico, baja rentabilidad, los ingresos familiares derivan de la venta de su fuerza de trabajo.	Bajos rendimientos, parcelas pequeñas, producciones destinadas al autoconsumo y excedentes al comercio local	60
ALTO	3	Mercantil , sistema articulado con el mercado, pero no logra capitalizar la UPA, ligado a la	Bajos rendimientos, parcelas pequeñas a medianas, producciones destinadas al	45

		familia campesina.	comercio local	
MEDIO	2	Combinado , sistema que se basa en el comercio de sus productos, cuenta con una fuerza laboral asalariada e invierte en tecnología.	Comercio Regional	30
BAJO	1	Empresarial , producciones vinculadas a la agroindustria o a la agroexportación, alta inversión en tecnologías.	Comercio regional y de Exportación	15

INUNDACIONES		
Vulnerabilidad	Cobertura	Superficie Aprox. (ha)
ALTA	Arroz	34.400
	Cacao	
	Maíz	
	Arboricultura Tropical	
	Pasto cultivado	
	Soya	
MEDIA	Banano	14.138
	Cacao	
	Caña de Azúcar	
	Maíz	
	Arboricultura Tropical	
	Pasto cultivado	
	Soya	
BAJA	Banano	10.249
	Cacao	
	Maíz	
	Arboricultura Tropical	
	Palma Africana	
	Pasto cultivado	
	Soya	
	Teca	

EJEMPLO

VARIABLES FÍSICAS

- VIAS DE COMUNICACIÓN

1. VARIABLES

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Autopista	Camino pavimentado de dos o más vías con separador
Camino 1	Pavimentado de dos o más vías
Camino 2	Lastrado de dos o más vías
Camino 3	Pavimentado de una vía
Camino 4	Lastrado de una vía
Camino 5	De verano
Camino 6	De herradura
Camino 7	Sendero

2.-CALIFICACIÓN ENTRE VARIABLES

VARIABLES	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1/2	1/3	1/3	1/4	1/5	1/5
2	2	1	1/2	1/2	1/3	1/4	1/5
3	3	2	1	1/2	1/2	1/4	1/4
4	3	2	2	1	1/2	1/2	1/3
5	4	3	2	2	1	1/2	1/2
6	5	4	4	2	2	1	1/2
7	5	5	4	3	2	2	1

2.-CALIFICACIÓN ENTRE VARIABLES

VARIABLES	1	2	3	4	5	6	7	W	Wn
1	1	1/2	1/3	1/3	1/4	1/5	1/5	0,0005556	0,3427371
2	2	1	1/2	1/2	1/3	1/4	1/5	0,0083333	0,5046312
3	3	2	1	1/2	1/2	1/4	1/4	0,0937500	0,7130808
4	3	2	2	1	1/2	1/2	1/3	1,0000000	1,0000000
5	4	3	2	2	1	1/2	1/2	12,0000000	1,4261616
6	5	4	4	2	2	1	1/2	160,0000000	2,0647824
7	5	5	4	3	2	2	1	1200,0000000	2,7534870
Pn	23	17,500	13,833	9,333	6,583	4,700	2,983	1373,1026389	8,8048801

$$\begin{aligned}
 W1 &= (1 \cdot I1/I2 \cdot I1/I3 \cdot \dots I1/I_n)^{1/n} \\
 W2 &= (I2/I1 \cdot 1 \cdot I2/I3 \cdot \dots I2/I_n)^{1/n} \\
 \dots Wn &= (I_n/I1 \cdot I_n/I2 \cdot \dots 1)^{1/n} \\
 W &= W1 + W2 + W3 + \dots Wn
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P1 &= 1 + I2/I1 + \dots I_n/I1 \\
 P2 &= 1 + I1/I2 + \dots I_n/I2 \\
 \dots Pn &= 1 + I1/I_n + I2/I_n + \dots + 1
 \end{aligned}$$

3.-CALCULO DE COEFICIENTES

VARIABLES	1	2	3	4	5	6	7	W	Wn	C
1	1	1/2	1/3	1/3	1/4	1/5	1/5	0,0005556	0,3427371	0,038925807
2	2	1	1/2	1/2	1/3	1/4	1/5	0,0083333	0,5046312	0,057312672
3	3	2	1	1/2	1/2	1/4	1/4	0,0937500	0,7130808	0,080986999
4	3	2	2	1	1/2	1/2	1/3	1,0000000	1,0000000	0,11357338
5	4	3	2	2	1	1/2	1/2	12,0000000	1,4261616	0,161973998
6	5	4	4	2	2	1	1/2	160,0000000	2,0647824	0,234504313
7	5	5	4	3	2	2	1	1200,0000000	2,7534870	0,31272283
Pn	23	17,500	13,833	9,333	6,583	4,700	2,983	1373,1026389	8,8048801	

$C1 = W1/W$
 $C2 = W2/W$
 $...Cn = Wn/W$

4.- CALCULO DE CONSISTENCIA

LAMDA1	0,895293557
LAMDA2	1,002971769
LAMDA3	1,120320152
LAMDA4	1,060018217
LAMDA5	1,066328820
LAMDA6	1,102170273
LAMDA7	0,932956443
	7,180059230 LAMDA n

$\lambda 1 = C1 * P1$
 $\lambda 2 = C2 * p2$
 $... \lambda n = Cn * Pn$

CI	0,03000987	CR	0,0212191
RCI	1,41428571		

$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$
 $RCI = \frac{1,98 * (n - 2)}{n}$

A continuación, se procede a calcular la relación de consistencia, $CR = CI / RCI$, en donde, mientras menor sea la relación de consistencia CR, más consistentes son los criterios dados por los especialistas. Si CR, es mayor a 0,10 los criterios son inconsistentes. Para el cálculo de los valores enteros de los pesos, se procede a dividir cada uno de los Ci normalizados a 1, para el menor valor de Ci obtenido para las variables.

NORMALIZAR	
0,04	1,00
0,06	1,47
0,08	2,08
0,11	2,92
0,16	4,16
0,23	6,02
0,31	8,03
1,00	



Pesos finales de las variables analizadas.

**VÍAS DE COMUNICACIÓN: 1*CAMINO1+1*CAMINO2+2*CAMINO
3+3CAMINO4+4*CAMINO 5+6*CAMINO 6+8*CAMINO7**