

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

EMPLAZAMIENTO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EMPLEANDO HERRAMIENTAS SIG: UN CASO DE ESTUDIO

*Juan Antonio Araiza Aguilar¹

*LOCATION OF URBAN SOLID WASTE TRANSFER
STATION USING GIS TOOLS: A CASE STUDY*

Recibido el 2 de septiembre de 2013; Aceptado el 13 de mayo de 2014

Abstract

Currently the trend growth of cities and the distant location of disposal sites on generating areas, require the use of transfer stations to streamline the system of solid waste collection. The location of facilities requires extensive knowledge of the study area, since its location must be suitable, being as close as possible to the areas to be served. In this context, this paper uses the method of moments to locate a transfer station in the municipality of Santa María Huatulco. The Geographic Information Systems (GIS) tools are used looking for feasible areas using additional aspects than purely geographical. The methodology used within the municipality limits of Santa María Huatulco, helped to identify a polygon inside which contained the feasible area for the installation of the transfer station. Finally, field visits were made to identify the specific location of the sites. found three potential sites for the location of the transfer station, so we used a matrix tool for evaluation of the sites located.

Key Words: Geographic Information Systems, Transfer Station, Urban Solid Waste.

¹ Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.

*Autor correspondiente: Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento. Norte. Poniente. s/n. Col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 29000. México. Email: araiza0010@hotmail.com

Resumen

Actualmente la tendencia de crecimiento de las ciudades y la cada vez más lejana ubicación de los sitios de disposición final respecto de las zonas de generación, obligan a utilizar Estaciones de Transferencia para hacer más eficientes los sistemas de recolección de residuos sólidos urbanos. La ubicación de este tipo de infraestructura requiere de un amplio conocimiento de la zona de estudio, debido a que su emplazamiento debe ser idóneo, quedando lo más cerca posible de las zonas por atender. En este contexto, en el presente trabajo se emplea la metodología de momentos para ubicar una estación de transferencia en el municipio de Santa María Huatulco, toda vez que a nivel municipal se pretende mejorar el sistema de manejo de residuos sólidos y la construcción de un posible relleno sanitario. Se hacen uso de herramientas de Sistemas de Información Geográficas (SIG), buscando con ello áreas factibles que consideren aspectos complementarios además de los puramente geográficos. La metodología empleada dentro de los límites municipales de Santa María Huatulco, permitió delimitar un polígono en cuyo interior se encontraba el área factible para la instalación de la Estación de Transferencia. Posterior a ello, se efectuaron visitas a campo, con la finalidad de identificar los sitios específicos de ubicación. Se determinaron 3 sitios posibles para el emplazamiento de la estación de transferencia, por lo cual se usó una herramienta matricial para valorar a los sitios localizados.

Palabras clave: Estación de transferencia, Residuos sólidos urbanos, Sistemas de Información Geográfica.

Introducción

En la actualidad la tendencia de crecimiento de las ciudades y la cada vez más lejana ubicación de los sitios de disposición final respecto de las zonas de generación, obligan a utilizar Estaciones de Transbordo o Transferencia (ETs) para hacer más eficientes y menos costosos los sistemas de recolección de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) (INE, 1996). Las ETs son instalaciones donde los RSU se transbordan desde los vehículos recolectores a otros vehículos con mayor capacidad de carga, con la finalidad de transportarlos hasta su lugar de disposición final o de tratamiento (Bovea M. *et al*, 2007; EPA, 2002). Se sabe que estas instalaciones comenzaron a emplearse desde el siglo XIX, existiendo referencias de ETs que operaron en Nueva York, Lisboa, París y Sao Paulo (Costa L.E, 1982) y que continuarán empleándose en un futuro, dado el rol tan importante que juegan en los sistemas de manejo de RSU.

Es difícil establecer de manera concreta cuándo se hace necesario contar con una ETs. Desde una perspectiva teórica, MOE (1996) a través de su guía para establecer estaciones de transferencia de residuos sólidos municipales, señala que dos son las razones para construir este tipo de infraestructura en una comunidad; la económica, cuando exista una distancia relativamente amplia entre el lugar origen de los residuos y su destino, y la otra por servicio, cuando pretenda ampliarse la cobertura de recolección y transporte a zonas que por limitaciones geográficas, área de difícil acceso, ausencia de vías adecuadas, etc., no cuentan con el servicio.

Por otro lado, Malarin y Vaughan (1997) señalan que en rellenos sanitarios ubicados más allá de los 20 y 40 km, se hace necesario la instalación de ETs, aún más, el INE (1996) indica que todas las ciudades con más de 1 millón de habitantes requieren este tipo de instalaciones.

En este contexto, es imprescindible entonces tener los procedimientos y metodologías que permitan ubicar idóneamente el emplazamiento de ETs. García M. (2007) señala que para ubicar esta infraestructura en una localidad, debe realizarse en base a cuatro factores: 1) que se encuentre lo más cerca posible a las zonas de generación de residuos, 2) que sea de fácil acceso a carreteras arteriales primarias y secundarias, 3) la fase de construcción deberá de generar el menor impacto ambiental posible y 4) su construcción y almacenamiento debe ser lo más económico que se pueda.

Considerando las premisas anteriores, en el presente estudio se aplicó una metodología para ubicar una ETs en el municipio de Santa María Huatulco, empleando herramientas SIG, buscando con ello áreas factibles que consideren aspectos complementarios además de los puramente geográficos.

Área de estudio y contexto

El municipio de Santa María Huatulco se ubica al Sur de la capital del estado de Oaxaca, en las coordenadas 15°49'0"N y 96°19'0"O. El área de estudio está comprendida por 2 zonas de gran importancia comercial: 1) la cabecera municipal Santa María Huatulco y poblaciones aledañas, ubicadas al Norte del municipio, y 2) la localidad denominada la Crucecita, además del complejo turístico, las cuales se encuentran ubicadas sobre la zona costera municipal (Figura 1).

Toda vez que a nivel municipal se pretende mejorar el sistema de manejo de RSU y la construcción de un posible relleno sanitario, se hace necesario ubicar una ETs, la cual deberá dar servicio a las 2 zonas que comprenden el área de estudio.

Metodología

Para realizar el estudio se aplicó la metodología de momentos. Primeramente se determinaron los Centros de Gravedad Geográfico (CGG) del municipio de Santa María Huatulco. Posterior a ello se emplearon otros criterios no geográficos para determinar nuevos centros de gravedad. Dentro los criterios empleados se utilizaron los centros de población y número de habitantes, la generación de residuos en los centros de población, las vialidades encontradas en el municipio de estudio y las áreas naturales protegidas.

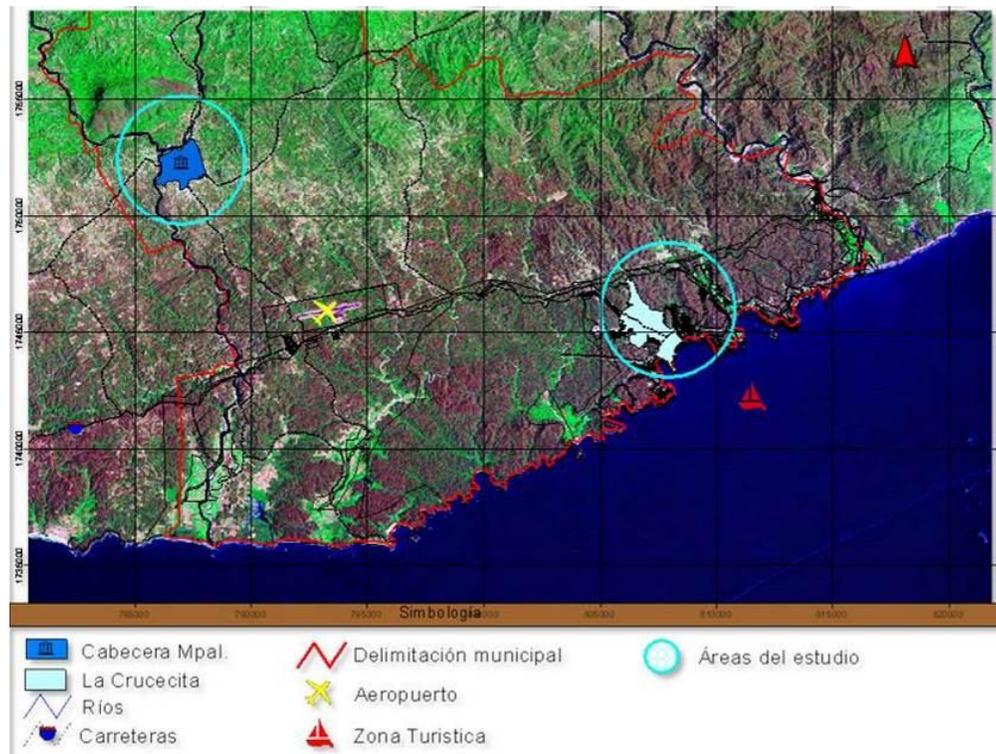


Figura 1. Localización del área de estudio

Para la determinación de los CGG modificados se emplearon las ecuaciones 1 y 2 mostradas a continuación:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i * f_i * x_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i * f_i)} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i * f_i * y_i)}{\sum_{i=1}^n (A_i * f_i)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

X_p, Y_p : coordenadas del centro de gravedad geográfico

n : número de polígonos que componen la región por atender

A_i : superficie que ocupa la mancha urbana en el polígono "i"

x_i : Distancia del centro de gravedad del polígono "i", al eje cartesiano "Y"

y_i : Distancia del centro de gravedad del polígono "i", al eje cartesiano "X"

f_j : Factor de ajuste que engloba dentro de la superficie de la mancha urbana del polígono "i"

j : 1,2,.....m-1, m

La aplicación de la metodología se inició a partir de la generación de una capa o archivo de un sistema reticular con cuadros de 1 km² de superficie, el cual se colocó sobre la zona de estudio; para después proceder a la obtención de los CGG de cada una de las cuadrículas tanto regulares como irregulares (INE, 1996). Este proceso se realizó con el apoyo del software cartográfico ArcGis 9.3 y del software de diseño Autocad 2008 (Figura 2).

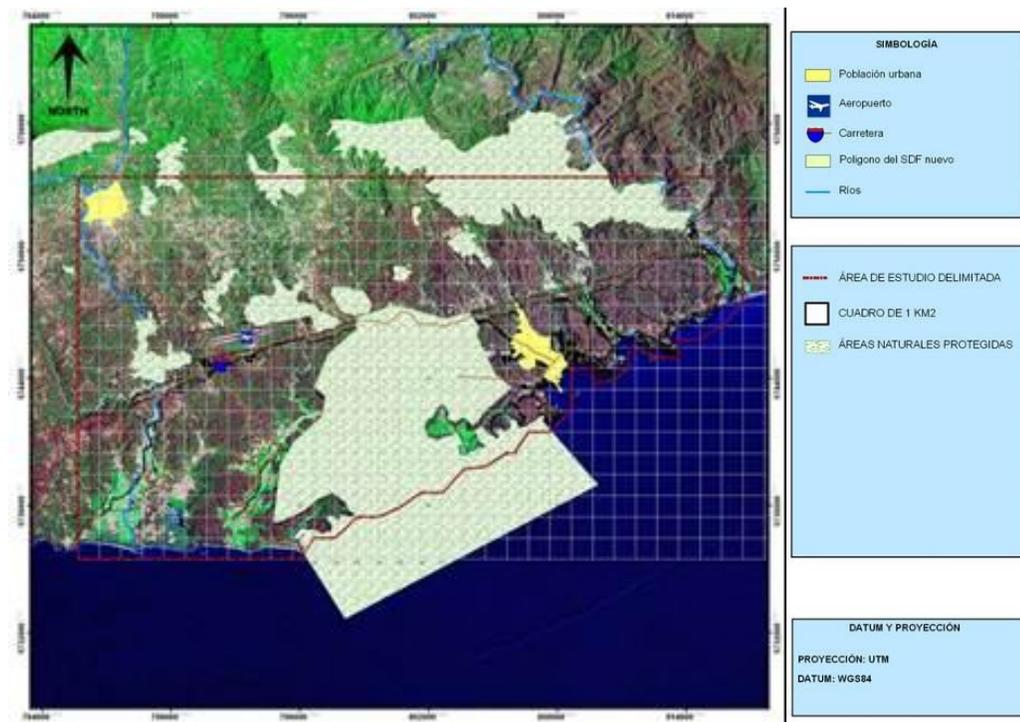


Figura 2. Aplicación de la metodología

Los cálculos se efectuaron mediante una hoja de Excel y la tabla de atributos de cada archivo generado con ArcGis. La descripción de los criterios empleados para la ubicación de los CGG se mencionan a continuación:

Población

Se determinó la población existente en cada una de las cuadrículas de la retícula de 1 km², considerando densidades de población establecidas para la zona de estudio, las cuales fueron generadas a partir de datos del Consejo Nacional de Población. Las poblaciones con sus correspondientes distancias a los ejes cartesianos, se sustituyeron en las ecuaciones citadas con anterioridad para determinar el centro de gravedad de la variable de población.

Generación

Este rubro se obtuvo a través de un estudio de generación de residuos sólidos que fue realizado con anterioridad en el área de estudio. La generación en Ton/día asignada a cada cuadrícula con sus correspondientes distancias a los ejes cartesianos, se sustituyeron de igual manera en las ecuaciones 1 y 2 para determinar el centro de gravedad de la variable de generación.

Vialidades

La metodología indica que es necesario localizar y ubicar dentro de las retículas a la red vial, clasificándola en vías primarias, secundaria u otras, dependiendo del tipo de vías encontradas en la área de estudio, y asignarle a cada tipo un factor de importancia en base al nivel de flujo vehicular y capacidad de tránsito. Posterior a ello, de igual manera se sustituyeron en las ecuaciones 1 y 2 para determinar el centro de gravedad de la variable.

Área de importancia natural

Derivado de que la ETs no deben de quedar dentro de polígonos con Áreas Naturales Protegidas (ANPs), fue necesario primeramente ubicar todas las ANPs encontradas en el área de estudio, y sobreponerlas dentro de las cuadrículas. Posterior a ello fue necesario asignarles un factor de ponderación a cada cuadrícula, considerando si dentro de éstas existían o no ANPs.

Resultados

La metodología empleada permitió delimitar los vértices de un polígono en cuyo interior se encontraba el área factible para la instalación de la ETs (Tabla 1).

Tabla 1. Centros de gravedad generados para el emplazamiento de la Estación de Transferencia

Criterio	X	Y
CGG variable población	19.89	11.21
CGG variable generación de RSU	22.11	11.12
CGG variable vialidades	10.25	12.35
CGG variable zonas ambientales	18.29	13.46

Cabe recalcar que en ocasiones el polígono delimitado es demasiado pequeño y/o dentro de su interior se encuentran zonas no factibles de ubicación de la ETs. Cuando esto sucede, como fue en este caso de estudio, el INE (1996) indica la necesidad de trazar círculos concéntricos a partir del centroide del polígono delimitado, de manera tal que las áreas factibles se vayan envolviendo en los círculos.

Posterior a ello, de acuerdo a las recomendaciones tanto del INE (1996) como de Costa L.E (1982), se procedió a realizar una detallada inspección del polígono delimitado y círculos concéntricos, realizando visitas a campo con la finalidad de identificar los sitios específicos de ubicación para la infraestructura (Figura 3).

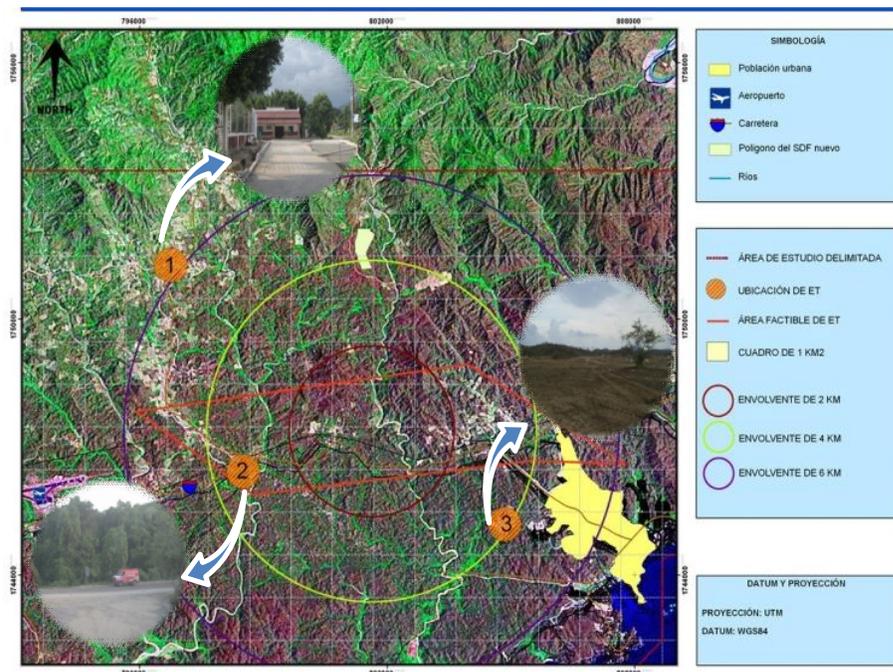


Figura 3. Delimitación del área factible

Se localizaron 3 áreas idóneas para emplazar las ETs, por lo cual como último punto se aplicó una metodología de calificación matricial, considerando distintos factores y una ponderación de 0.0 a 1.0, donde 0.0 es la condición desfavorable y 1.0 la favorable (Tabla 2).

Mediante la valoración de cada uno de los sitios se logró identificar aquel que cumplía en mayor medida las restricciones antes indicadas y por ende donde debe de ubicarse la ETs. En este estudio se eligió al sitio número 2 para ubicar la infraestructura.

Tabla 2. Ponderación de los factores y valoración de sitios

Factor	Parámetro	Valor	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Distancias a zonas habitadas mayores de 2500 hab.	Mayor a 1 km	1.0	0.5	0.5	1.0
	Menor a 1 km	0.0			
Número de accesos al sitio	>1	1.0	1.0	1.0	0.0
	1	0.0			
Requerimiento de mejoras a las vialidades de acceso	Menor a 1 km	1.0	0	0.8	0.5
	Mayor a 1 km	0.0			
Topografía	Plano	1.0	1.0	1.0	1.0
	Semiplano	0.5			
	Accidentado	0.0			
Colindancias	Áreas no urbanizadas	1.0	0.3	1.0	0.5
	Áreas Poblacionales	0.0			
Uso de suelo	Servicios	1.0	0.0	0.5	0.5
	Sujeta a plan parcial	0.5			
	Comunal	0.0			
Distancias respecto a áreas naturales protegidas	Mayor a 1 km	1.0	0.5	1.0	1.0
	Menor a 1 km	0.0			
Distancias respecto al sitio de disposición final	Mayor a 20 km	1.0	0.5	1.0	1.0
	Menor a 20 km	0.0			
Distancia al centro geométrico global	< a 3 km	1.0	0.5	1.0	0.5
	3-5 km	0.5			
	> 5 km	0.0			
Afectaciones turísticas	Afectación baja	1.0	1.0	0.5	0.5
	Afectación alta	0.0			
Total			4.8	7.8	6.5

Nota: se consideró el criterio de afectaciones turísticas dado que en gran parte de la zona de estudio existen lugares con gran afluencia turística. Estos lugares pueden verse afectados por el constante transporte de residuos y la mala imagen que se puede crear

Conclusiones

La metodología permitió emplazar una ETs usando herramientas SIG, haciendo con ello fácil el mecanismo de ubicación de este tipo de infraestructura. El uso de esta herramienta permite incorporar información que puede obtenerse de manera fácil y económica, mediante ciertos análisis rutinarios de cartografía y algunas inspecciones de campo. El método es flexible ya que permite incorporar mayor cantidad de variables a analizar, tanto de elementos ambientales como otros factores de campo, de acuerdo a condiciones especiales y al criterio del analista.

Aunado a lo anterior, permite incorporar otras herramientas como el uso de técnicas matriciales.

Es importante comentar que aun cuando exista demasiada subjetividad en la elaboración de las matrices de valoración y ponderación, esta puede reducirse si se desarrollan ciertas funciones de sensibilidad y se establecen convenientemente sus límites, para la formación de dicha matrices.

Referencias bibliográficas

- Bovea, M. *et al* (2007). The role played by environmental factors in the integration of a transfer station in a municipal solid waste management system, *Waste Management*, **27**, 545–553.
- Costa, L. E. (1982). Manual de instrucción de las Estaciones de Transferencia. *Programa regional OPS/EHP/CEPIS de mejoramiento de los servicios de aseo urbano*. 84 pp.
- Environmental Protection Agency, EPA. (2002). Waste transfer stations: A manual for decision-making (54 pp.). U.S. Environmental Protection Agency, Solid Waste and Emergency Response, EPA530-R-02-002, Washington, DC, USA, 10–11.
- García, M. (2007). *Plantas o Estaciones de Transferencia*. LIPASAM. Sevilla, España, 6–7.
- Instituto Nacional de Ecología, INE. (1996). *Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas*. 177 pp.
- Malarin, H. y Vaughan, W. (1997). *An Approach to the Economic Analysis of Solid Waste Disposal Alternatives*, United States, Washington D.C.
- Ministry of Environment (1996). Guidelines for Establishing Transfer Stations for Municipal Solid Waste. Government of British Columbia