

PSO, Herramienta de Optimización en el Área Turística

PSO, Optimization Tool in the Tourist Area

Víctor Quezada-Aguilar^{a*}, José C. Quezada-Quezada^b, Myriam Coronado-Meneses^c, Josefina Rodríguez-Torres^d y Ernesto Flores-García^e

Abstract

The administrative sciences present complex problems where specific tools are required to obtain feasible solutions guaranteeing the best or the best solutions. Optimization is one of the problems with greater frequency and that until a few years ago had been solved with traditional techniques, however these types of techniques are focused on optimizing a single objective. The technological advance has allowed the development of numerous optimization methods, reducing analysis time, optimizing more than one objective, obtaining a range of optimal solutions, among other characteristics. During the development of the article, the economic importance of the correct location of a distribution center (CEDIS) in a tourist region is exposed. The optimization of the objective function used in the location of the CEDIS is done by the PSO (Particle Swarm Optimization) method, considered a new generation optimization method.

Keywords:

Optimization, PSO, Genetic Algorithm, Tourism Economy, Matlab.

Resumen

Las ciencias administrativas presentan problemáticas de carácter complejo donde se requiere de herramientas específicas que permitan obtener soluciones factibles garantizando la mejor o las mejores soluciones. La optimización es uno de los problemas con mayor frecuencia y que hasta hace unos años se habían resuelto con técnicas tradicionales, sin embargo, este tipo de técnicas están enfocadas en optimizar un solo objetivo. El avance tecnológico ha permitido el desarrollo de numerosos métodos de optimización reduciendo tiempo de análisis, optimización de más de un objetivo, obtención de una gama de soluciones optimas, entre otras características. Durante el desarrollo del artículo se expone la importancia económica que tiene la localización correcta de un centro de distribución (CEDIS) en una región turística. La optimización de la función objetivo utilizada en la ubicación del CEDIS se realiza por el método PSO (*Particle Swarm Optimization*), método de optimización considerado de nueva generación.

Palabras Clave:

Optimización, PSO, Algoritmo genético, Economía turística, Matlab.

1. Introducción

De acuerdo a [3], la optimización utiliza métodos que permiten seleccionar la mejor solución de un conjunto de soluciones obtenidas a partir de la evaluación de la función objetivo (Función matemática sujeta a ser maximizada o minimizada). La función objetivo define el problema a optimizar y devuelve como resultado un valor real o un vector de valores reales.

La optimización está basada en la simulación de modelos matemáticos que buscan las mejores variables de entrada que satisfagan los valores de salida de la función objetivo [2], la Figura 1 representa el sistema de optimización.

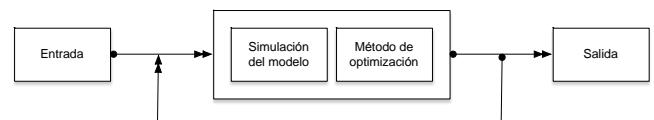


Figura 1. Sistema de optimización

Actualmente existen diferentes métodos de optimización que son adaptados a las características del problema o función objetivo a optimizar, dentro de su clasificación encontramos las técnicas metaheurísticas. De acuerdo a [6], la metaheurística es una estrategia de alto nivel que usa diferentes métodos para

^{a*} Autor de correspondencia: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Tizayuca, <https://orcid.org/0000-0001-8806-7880>, Email: victor_quezada@uaeh.edu.mx

^{b, c, d, e} Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Tizayuca, jcarlos, myriam_coronado3187, jrortres, efloresg (@uaeh.edu.mx)

explorar el espacio de búsqueda. En la clasificación que presenta las técnicas metaheurísticas se ubica el método PSO (Particle Swarm Optimization), técnica que utilizaremos durante el desarrollo del artículo con el fin de obtener el lugar óptimo de construcción de un centro de distribución de carne, frutas y verduras que satisface la demanda diaria del consumo turístico de la región.

Uno de los conceptos logísticos básicos es el de cadena de valor. “Trasladado al turismo significa ofrecer aquellos «paquetes» que supongan un mínimo coste para una satisfacción dada al turista. Supone también combinar, de modo adecuado, el transporte, el alojamiento, las actividades en el lugar de destino y además supone optimizar el proceso total de prestación de los servicios” [8].

La parte última de la definición que muestra Muñoz Machado, y de forma textual dice: “Optimizar el proceso total de prestación de servicios”. El artículo se enfoca a la optimización de un solo eslabón que conforma la cadena de valor en la prestación de servicios de la industria turística.

2. Método de optimización PSO

El método PSO (Particle Swarm Optimization) es una metaheurística poblacional propuesta por Kennedy y Eberhart, [7]. Está basada en la simulación de modelos sociales simples e inspirada en el comportamiento social del vuelo de las bandadas o el movimiento de los bancos de peces.

PSO utiliza lo que se conoce como Inteligencia de Cúmulo (*Swarm Intelligence*) y plantea una “metáfora social” a partir de la cual, los individuos conviven en una sociedad y tienen una opinión que es parte de un “conjunto de creencias” (el espacio de búsqueda) compartido por los demás individuos. De la interacción entre ellos, surge una estrategia que conduce la búsqueda hacia la solución óptima.

2.1 Metodología del PSO

De acuerdo a [1], el algoritmo básico del PSO considera las soluciones candidatas como partículas, las cuales de forma inicial se encuentran distribuidas de forma aleatoria en el espacio de búsqueda, este conjunto de partículas es conocido como población inicial. La eficiencia de la población se determina evaluando a los individuos en la función objetivo dando pie a los mejores elementos. Las nuevas posiciones de las partículas y la velocidad con que estas sean desplazadas se calcula considerando el valor del mejor elemento y el valor actual de cada partícula. Cada vez que las partículas son desplazadas, deben evaluarse nuevamente en la función objetivo, actualizándose las mejores partículas actuales y la global, cuando se encuentre valores que mejoran a los que se tenían almacenados. La Figura 2 muestra el algoritmo básico del PSO.

3. La economía y el turismo

De acuerdo a [4], el Turismo, se ha convertido en una de las principales actividades económicas en el ámbito internacional. El Turismo es la primera actividad económica

del planeta y la industria de mayor crecimiento en todos los países. La World Travel and Tourism Council [5], sitúa su contribución al Producto Interior Bruto (PIB) mundial en un 10.7% y espera que sea del 14% en el 2020. El número de personas empleadas en el sector es de 207 millones, lo que representa un 8.2% del total del mercado laboral mundial. Se estima que esta cifra crecerá hasta 280 millones de empleados, en el 2020.

La [9], define al turismo como “el conjunto de actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, por un periodo de tiempo consecutivo inferior a un año y con fines de ocio, por negocio y otros motivos no lucrativos”, la economía del Turismo estudia, e interpreta dichas actividades.

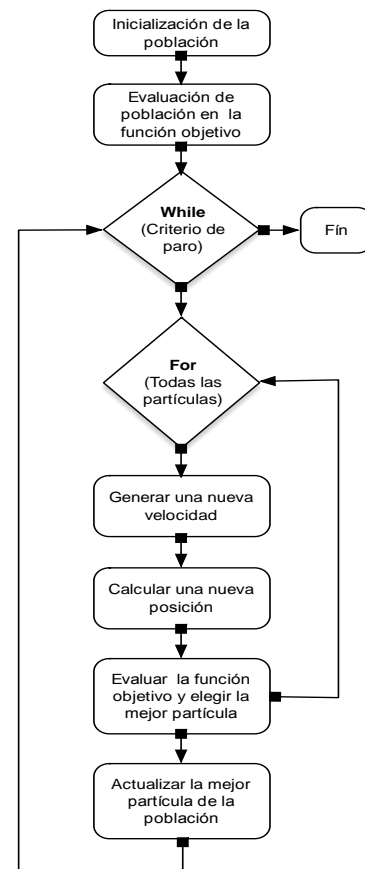


Figura 2. Algoritmo básico PSO

Una de las problemáticas frecuentes es la reducción de costos en el proceso de actividades vinculadas a la producción, distribución y el consumo de bienes turísticos y servicios necesarios para individuos y sociedad.

3.1. Planteamiento del problema.

Menciona [8], que la logística abarca todas aquellas actividades relacionadas con el traslado y almacenamiento de productos entre sus puntos de adquisición y sus puntos de destino turísticos. De acuerdo al concepto de Muñoz se plantea lo siguiente:

El problema consiste en localizar el punto óptimo donde se debe construir un CEDIS (Centro de distribución) con la finalidad de reducir los costos de distribución de una empresa dedicada a la comercialización de carne (cerdo, pollo y res), frutas y verduras, que satisface la demanda diaria de hoteles, restaurantes, centros recreativos, supermercados y tiendas de convivencia.

La tabla 1 muestra las coordenadas de localización y la demanda promedio diaria de cada uno de los 50 clientes de la compañía.

Tabla 1: Demanda de producto en miles de peso por día

No.	Cliente	Ubicación (Coordenada) Km.	Demanda Carne	Demanda fruta y verdura
1	H-1	(23,5,3)	5.0	0.9
2	H-2	(23,3,5)	6.9	1.2
3	H-3	(22,4,3)	5.5	1.7
4	H-4	(21,2,5.1)	4.8	1.1
5	H-5	(21,5,8)	7.9	2.2
6	H-6	(19,8,6.2)	4.3	3.6
7	H-7	(19,2,6.7)	2.8	6.7
8	H-8	(18,7)	10.6	3.2
9	H-9	(17,4,7)	7.8	1.9
10	H-10	(17,7,9)	6.2	0.8
11	H-11	(11,5)	4.9	4.1
12	R-1	(3,4,5)	15.9	6.3
13	R-2	(2,7)	18.3	7.5
14	R-3	(4,3)	22.9	9.4
15	R-4	(6,7,2)	17.8	6.3
16	R-5	(8,3,9)	15.4	4.6
17	R-6	(10,2,5)	19.3	8.3
18	R-7	(2,3,1,5)	20.9	7.1
19	R-8	(2,2,2)	25.6	9.2
20	R-9	(15,5,4,8)	24.8	8.4
21	R-10	(2,6,3)	15.7	4.6
22	R-11	(3,1,5)	12.3	3.2
23	R-12	(17,6,3)	10.6	5.6
24	R-13	(23,6,2)	14.7	2.4
25	R-14	(22,5,7,2)	18.5	5.3
26	SM-1	(11,4,5)	45.9	23.4
27	SM-2	(24,1,2)	36.7	22.1
28	SM-3	(1,2,1,8)	30.8	20.3
29	SM-4	(1,9,9,5)	42.2	25.3
30	SM-5	(23,9,7)	38.5	26.3
31	CR-1	(0,2,1,4)	18.6	5.3
32	CR-2	(3,5,3,2)	13.8	3.4
33	CR-3	(15,2,2)	16.9	6.2
34	T-1	(0,1,1)	1.9	0.5
35	T-2	(3,2)	2.5	0.7
36	T-3	(6,3)	3.9	1.2
37	T-4	(10,3)	1.7	0.8
38	T-5	(15,1,8)	2.4	0.9
39	T-6	(18,7,2,9)	3.6	1.3
40	T-7	(20,1)	1.2	0.6
41	T-8	(24,2,7)	4.3	1.5
42	T-9	(22,7,4)	3.6	1.2
43	T-10	(18,5,6,1)	2.6	0.8
44	T-11	(11,3,8)	2.2	0.7
45	T-12	(10,7,9)	1.9	0.6

46	T-13	(8,4,8)	1.5	0.4
47	T-14	(1,2,7,9)	2.3	1.5
48	T-15	(3,6,3)	3.0	1.3
49	T-16	(7,7,2)	3.9	1.8
50	T-17	(6,6)	2.7	1.1

La codificación mostrada en la tabla 1, en la columna de clientes denota lo siguiente:

- H: Hotel.
- R: Restaurant
- SM: Supermercado
- CR: Centros recreativos
- T: Tienda de convivencia

El número que acompaña la codificación hace referencia al orden en que realizaron su primer consumo.

La tabla 2 muestra el costo por kilómetro recorrido dada la demanda de carne, frutas y verduras.

Tabla 2: Costo por kilómetro recorrido

Demanda(D)	\$0 < D ≤ \$11,000	\$11,000 < D ≤ \$24,000	\$24,000 < D ≤ \$46,000
Costo/Km.	\$12	\$20	\$32
Transporte	Camioneta 3.5 Ton	Camión de Carga 14.2 Ton.	Camioneta y Camión de carga

La Figura 3 muestra a través del plano la ubicación de cada uno de los clientes (H, R, SM, CR y T).

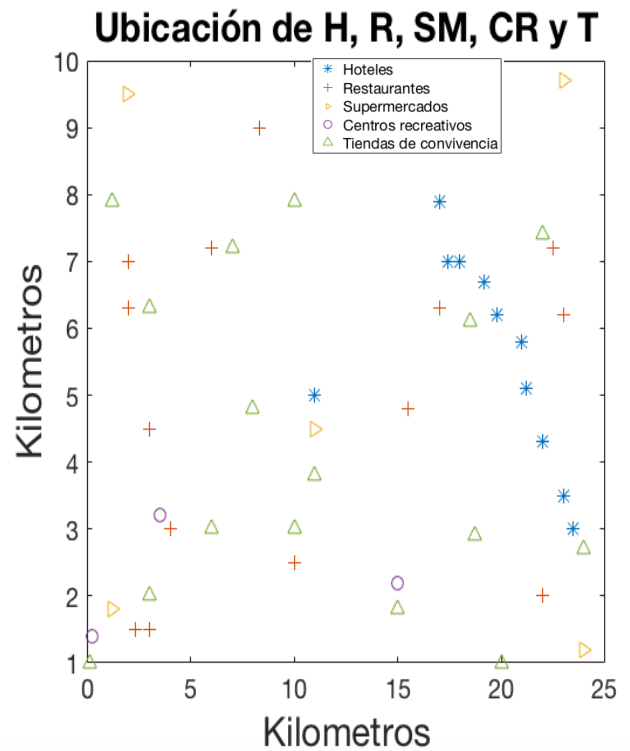


Figura 3. Ubicación de clientes

3.2. Función objetivo.

La implementación de la función objetivo está basada en los siguientes supuestos:

- El costo de distribución del CEDIS hacia el cliente será igual a la distancia en línea recta que separa ambos puntos directamente proporcionales al costo por kilómetro recorrido de acuerdo a la demanda.
- La distribución solo se realiza del CEDIS a un solo cliente, es decir solo se satisface un cliente por recorrido.
- No existe la posibilidad de no cumplir con la demanda estipulada por el cliente.
- No existe retraso o tiempo muerto en la distribución.
- Siempre existe unidad de transporte para ser utilizada.

La ecuación 1 determina el costo de distribución entre 2 puntos:

$$C_{ik} = (d_{ik})(PD_k) \quad (1)$$

Donde:

C_{ik} : Costo de distribución del punto i al punto k

PD_k : Costo por kilómetro recorrido en relación a la demanda del punto k

d_{ik} : Distancia en línea recta del punto i al punto k

La ecuación 2 determina la distancia en línea recta entre dos puntos:

$$d_{ik} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2)$$

Donde:

(x_1, y_1) : Coordenadas del punto i

(x_2, y_2) : Coordenadas del punto k

Función objetivo, minimizar el costo de distribución total, representado por la ecuación 3.

$$\begin{aligned} \text{Min } Z(C_{ik}^n) \\ Z(C_{ik}^n) = \sum_{k=1}^n C_{ik} \end{aligned} \quad (3)$$

Donde:

C_{ik}^n : Costo total de distribución

n : Total de clientes

3.3. Evaluación y optimización de la función objetivo.

Pasos de la metodología de optimización.

Paso 1: Inicialización de la población y definición de los parámetros de optimización

La población inicial está compuesta por 1000 individuos, generados de forma aleatoria. Cada individuo contiene dos elementos donde cada elemento pertenece al intervalo [-

50,50]. Un individuo es una solución que debe ser evaluada en la función objetivo. El número de iteraciones es igual a 20

Paso 2: Evaluación de la población en la función objetivo.

Cada individuo de la población obtenida en el paso 1 es evaluado en la función objetivo, obteniendo el mejor valor global (mínimo).

Paso 3: Velocidad de las partículas.

Velocidad de cada una de las partículas, se obtiene a partir de la ecuación 4.

$$v^{t+1} = v^t + (rand_1)(P - X^t) + (rand_2)(G - X^t) \quad (4)$$

Donde:

v^{t+1} : Velocidad de la iteración $t + 1$

v^t : Velocidad en la iteración anterior

X^t : Posición de cada partícula

P : Mejor posición actual de cada partícula

G : Mejor partícula a nivel global

Paso 4: Posición de las partículas.

Desplazamiento de las partículas hacia nuevas posiciones en la iteración actual en relación a la ecuación 5.

$$x^{t+1} = x^t + v^{t+1} \quad (5)$$

Donde:

x^{t+1} : Nuevas posiciones obtenidas en $t + 1$

x^t : Posiciones previas (obtenidas en t)

Paso 5: Actualización de la mejor partícula de la población.

Se obtiene la mejor partícula de la población y se evalúa el criterio de paro (20==iteraciones). Una vez realizado el ciclo durante 20 veces el algoritmo de optimización termina y se obtiene la mejor solución al problema planteado.

4. Resultados

La Figura 4 muestra la gráfica de la evolución de la optimización de la función objetivo durante 20 ciclos (donde después de un número considerable de pruebas es considerado suficiente).

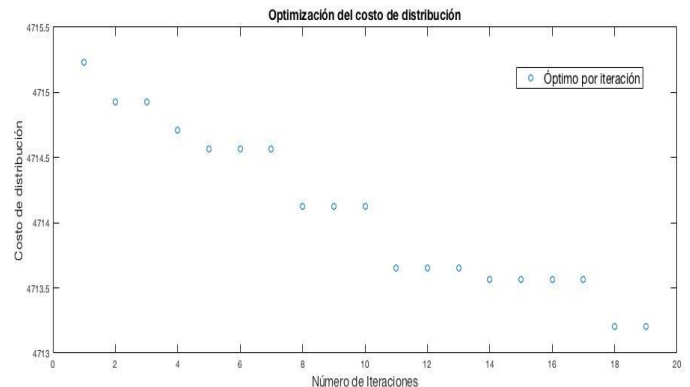


Figura 4. Gráfica de optimización.

La tabla 3 muestra las coordenadas que minimizan el costo de distribución e indica el lugar perfecto para la construcción del CEDIS.

Tabla 3: Coordenadas de localización del CEDIS

Coordenada en el eje X	Coordenada en el eje Y	Costo mínimo de distribución
11.6043	4.6838	\$4,713.2072

5. Conclusión

En la actualidad la tecnología hace la diferencia en la competitividad en todos los sectores productivos. El sector turístico depende en gran medida de la logística de las operaciones ya sea transportación, adquisición, ventas, etc. Una de las bastas herramientas que hace posible la optimización de operaciones son los algoritmos evolutivos. Este tipo de algoritmos reducen tiempo de respuesta en la toma de decisiones, realizan un acercamiento bastante confiable a la solución óptima e incrementan la productividad.

La cadena de valor del sector turístico puntualizada en la logística tiene la capacidad de reducir costos, tiempos de entrega, tiempos de procesamiento, tiempos de traslado, satisfacción del cliente ofreciendo un producto o servicio en el momento correcto, en el lugar adecuado, con las características requeridas y con un precio competitivo. Todo esto se puede optimizar utilizando algoritmos evolutivos.

El problema abordado en el artículo resalta la importancia del análisis de optimización dado que cualquier otra coordenada diferente a la solución óptima da como resultado un costo de distribución mayor afectando la cadena de valor y la economía turística. Este tipo de problemas se han optimizado con métodos tradicionales de menor complejidad, sin embargo, estos métodos carecen de dificultad de análisis, así como la convergencia de un punto optimo que suele ser erróneo dado el limitado alcance entre las variables.

El tiempo aproximado que lleva en realizar la optimización sin el avance tecnológico, es decir a papel y pluma como localmente se conoce es de 2,500 horas aproximadamente. El avance tecnológico y el creciente número de técnicas evolutivas reducen considerablemente el tiempo de respuesta. El algoritmo PSO tiene un tiempo de respuesta al problema abordado de 1.5 Segundos, lo que permite al decisor tomar acciones de forma inmediata con un margen de error relativamente pequeño.

Como trabajo futuro se plantea la optimización basado en rutas específicas donde se pueda proveer a más de un cliente a la vez con el fin de minimizar costos y tiempos de traslado.

Referencias

[1] Cuevas Jiménez, E., Osuna Enciso, J., Oliva Navarro, D. A., & Díaz Cortes, M. A. (2017).

Optimización algoritmos ptogramados con MATLAB (Quinta ed.). México: Alfaomega.

- [2] Carson, Y., & Anu, M. (1997). Simulation Optimization: Methods METHODS AND APPLICATIONS. *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference* .
- [3] Lopez, J. (2015). *Optimización Multi-objetivo. Aplicaciones a problemas del mundo real.* (Vol. 1). Buenos aires, Argentina: EDULP.
- [4] Lorente de las Casas, A. (2005). *Economía y turismo: prácticas.* España: McGraw-Hill.
- [5] WTTC. (s.f.). *WORLD TRAVEL AND TOURISM COUNCIL.* Recuperado el 2 de Octubre de 2018, de <http://www.wttc.org>
- [6] Alba, E., & Mallba, G. (2002). A Library of Skeletons for Combinatorial Optimisation. *In Proceedings of the Euro-Par* , 927-932.
- [7] Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization . *IEEE International Conference on Neural Networks (IV)*, 1942, 1948.
- [8] Muñoz Machado, A. (2005). *Logística y turismo* . Díaz de Santos .
- [9] OMT. (s.f.). *ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL TURISMO.* Recuperado el 2 de Octubre de 2018, de <http://www.world-tourism.org/español>