

# Desarrollo en Python de algoritmo de optimización para el problema de enrutamiento del vehículo (VRP)

Gonzalez Bahena José Maximiliano, , Moisés Sotelo Rodríguez

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
EXACTAS E INGENIERÍAS, (CUCEI, UDG)

jose.gonzalez6217@alumnos.udg.mx

moises.sotelo5881@alumnos.udg.mx

**Abstract** — Este documento presenta el desarrollo en Python de un algoritmo de optimización para resolver el problema del enrutamiento del vehículo, que consiste en designar un camino a ‘n’ representado por un grafo pesado cantidad de vehículos que parten de un mismo origen, donde cada uno debería llegar a un destino y regresar al origen con el camino mas corto posible, sin utilizar alguna calle mas de una vez. Se muestra como se opto por un algoritmo (inserte nombre del algoritmo), y su uso dentro de una base de datos obtenida en Open Street Map.

**Palabras claves** – Optimización, VRP, Python.

**Repositorio de código:** <https://github.com/Maaaxgz/Vehicle-routing-problem>

**Versión actual del código:** Ver. 1.0.

**Licencia legal código:** Código Abierto

## I. INTRODUCCIÓN

Este documento busca abordar una solución al problema de optimización conocido como problema del enrutamiento del vehículo (de ahora en adelante llamado VRP).

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

Debido a la naturaleza del problema que se esta planteando resolver en este documento, anteriormente se han realizado numerosas investigaciones y/o soluciones para dicho problema.

### A. Enfoque de Ventanas de Tiempo

En el año 2020, Uriel Pineda muestra un planteamiento para resolver el problema del represamiento de entregas, utilizando técnicas como el análisis de Pareto y el método Clarke-Weight, el cual consiste en encontrar una solución inicial de alto costo pero simple, para continuar con su mejora mediante la consolidación de rutas. Esto, sumado a la implementación de ventanas de tiempo, significaron una mejora en la cantidad de servicios realizados respecto a métodos anteriormente utilizados [1].

### B. Entregas y recogidas simultaneas

## III. DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DEL PROYECTO MODULAR

Todos los párrafos deben tener intentado o tabulaciones en la primera línea. También, todos los párrafos deben estar alineados de forma justificada y hacia la izquierda.

### A. Tipo de Letra Fuente para el Documento

La totalidad del documento se debe escribir usando Times New Roman o equivalente. Otros tipos de fuente serán utilizados solamente cuando sea requerido para casos especiales.

Los tamaños de fuente se incluyen en la tabla 1.

### B. Título y Detalles del Autor(es)

El título debe estar en fuente tamaño 24 puntos. Los nombres de los autores en tamaño de 11 puntos. El nombre de la universidad y departamentos en letra tamaño 10 puntos y cursiva y finalmente los correos electrónicos en tamaño 9 puntos con una fuente tipo Courier.

TABLA I  
TAMAÑOS DE FORMATO DE TEXTO

Tam año	Apariencia (en Time New Roman ó Times)		
	Regular	Negrita	Cursiva
8	Contenidos de tablas Título de figures Referencias a objetos	Negrita	Cursiva
9	Direcciones de correo electrónico (usar fuente Courier) Cuerpo del proyecto	Negrita Cuerpo del abstract	Cursiva
10	Subtítulos	Negrita	Cursiva
11	Nombre del autor	Negrita	Cursiva
24	Título del proyecto		

El título, autores, universidad y correos deben estar en el encabezado de la primera página, en una sola columna que

abarca las dos columnas inferiores. Todo este texto debe estar centrado.

Cada palabra en un título debe iniciar con mayúscula, excepto palabras menores como: “a”, “de”, “y”, “desde” entre otras.

Para evitar confusiones, el apellido de cada autor debe ser escrito siempre.

### C. Encabezados de Sección

Cada sección deberá dividirse como máximo en 3 niveles de sub-secciones. Todo subtítulo deberá tener letra de tamaño 10 puntos y cada palabra en el título deberá iniciar con mayúscula excepto las palabras menores como se indicó en la sección III.B.

Observe en la línea anterior cómo se hace una referencia a otra sección del documento, usando el número de título III y el de subtítulo B.

Cuando necesite crear varios niveles de sección en el documento (título, subtítulo, etc.) utilice estas normas:

- 1) *Primer Nivel:* El primer nivel corresponde al de título, por tanto, debe estar centrado, indexado con números romanos y todas las letras en mayúscula con la primera letra de las palabras mayores en mayor tamaño.
- 2) *Segundo Nivel:* Un segundo nivel corresponde al subtítulo. Deben estar numerados usando letras seguidas por un punto y alineados a la izquierda. El tipo de letra es de 10 puntos y en cursiva.
- 3) *Tercer nivel:* Un tercer nivel es como este que está leyendo. Utiliza letra cursiva de 10 puntos enlistados con números arábigos seguidos por un paréntesis. El cuerpo del ítem debe estar inmediatamente después del encabezado, sin saltos de línea.

### D. Figuras y Tablas

Las figuras y tablas deben estar centradas en la columna. Si la figura es muy larga, se puede extender hasta ocupar el espacio de las dos columnas. Cualquier figura o tabla que se extienda más de una columna, pero no ocupe el espacio de las dos columnas, se deberá mostrar centrada en la página y deberá estar siempre en la parte superior o inferior de la página.

Los gráficos deben estar en color, de preferencia utilice colores estándar de manera que puedan ser reproducidos en cualquier sistema. Por colores estándar se entienden rojo, azul, verde, amarillo. Trate de evitar colores complejos como azul claro combinado con azul más fuerte porque podrían confundirse.

Utilice colores sólidos que resalten sobre el fondo de la figura para mejorar el contraste.

Toda figura debe acompañarse de un título en letra de tamaño de 8 puntos, que inicia con la abreviatura “Fig.” para indicar “Figura” y un número de secuencia.

El nombre de la figura debe tener mayúscula solamente en la primera palabra, independientemente de si se trata de una palabra mayor o menor.

El nombre de la figura se utiliza centrado en la columna, o página si la figura se extiende fuera de la columna. Si la

descripción se extiende más de una línea, se debe mostrar de forma justificada, como en Fig. 1.

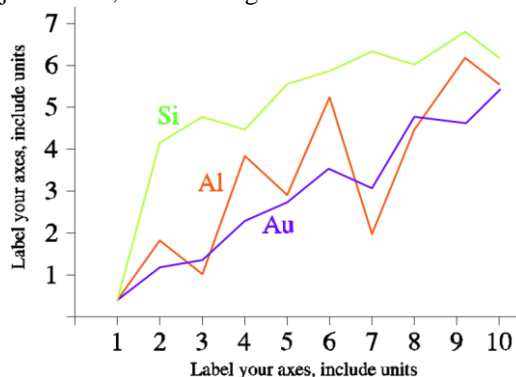


Fig. 1 El ejemplo de un gráfico con colores sólidos que resaltan sobre el fondo blanco.

Fig. 2 es un ejemplo de una imagen importada al documento. En estos casos, asegúrese de utilizar la resolución adecuada, de manera que la figura se pueda apreciar con claridad en el documento.

No utilice figuras de resolución pobre porque empobrece la calidad del proyecto.

Cuando inserte una figura, asegúrese de verificar lo siguiente:

- los colores contrastan adecuadamente,
- la imagen es clara,
- cualquier texto en la imagen se puede leer claramente.

Fig. 2 muestra un caso donde la resolución no es adecuada, mientras que Fig. 3 muestra una mejor adaptación de la misma figura.



Fig. 2 Ejemplo de figura con baja resolución



Fig. 3 Ejemplo de figura con buena resolución

#### E. Títulos de Tablas

Las tablas deben tener un título con letra mayúscula de 8 puntos, centrado en la columna y con letra más grande en el inicio de cada palabra mayor. Antes de la línea del título, se incluye una línea centrada donde se usa la palabra “Tabla” seguida de la numeración de la tabla usando números romanos.

F. Números de Página, Encabezados y Pie de Página Estos tres elementos no deben ser utilizados.

#### G. Hiper-Vínculos y Accesos Directos

Cualquier hiper-vínculo o referencia a Internet debe escribirse por completo. Es decir, escribir el URL completo de la ubicación del recurso en lugar de dejar accesos directos.

Las referencias se escriben usando fuente regular igual que el resto del proyecto.

#### H. Referencias bibliográficas

El encabezado de la sección de referencias debe seguir las normas del nivel “título” sin embargo, no debe tener numeración.

Todas las referencias se hacen en letra de 8 puntos.

Utilice cursiva para distinguir los diferentes campos de la referencia. Utilice los ejemplos adjuntos en este documento.

Todas las referencias están numeradas con números arábigos consecutivos que inician en 1 y siempre están encerrados en paréntesis cuadrados (p.e. [1]).

Si en el cuerpo del proyecto hace referencia a alguna de estas referencias, utilice solamente los paréntesis cuadrados y el número correspondiente. Nunca use términos como “ver referencia [4]”, en su lugar use “ver [4]”.

Si son varias referencias juntas, sepárelas con comas.

Las referencias cambian según el tipo de fuente.

Los ejemplos enumerados en la sección de referencias de este documento incluyen:

- ejemplo de un libro [1]

- ejemplo de un libro parte de una serie [2]
- ejemplo de otro artículo de revista [3]
- ejemplo de un artículo de conferencia [4]
- ejemplo de una patente [5]
- ejemplo de un sitio web [6]
- ejemplo de una página de un sitio web [7]
- ejemplo de un manual [8]
- ejemplo de una hoja de datos [9]
- ejemplo de una tesis [10]
- ejemplo de un reporte técnico [11]
- ejemplo de un estándar [12]

#### Modulo I Justificación de Arquitectura y Programación de Sistemas

Se describe brevemente la relación que existe de este módulo con el proyecto modular a presentar, usar como referencia el siguiente enlace.  
[http://www.cucei.udg.mx/carreras/computacion/sites/default/files/adjuntos/criteriosaprobacion\\_0.pdf](http://www.cucei.udg.mx/carreras/computacion/sites/default/files/adjuntos/criteriosaprobacion_0.pdf)

#### Modulo II Justificación de Sistemas Inteligentes

Se describe brevemente la relación que existe de este módulo con el proyecto modular a presentar, usar como referencia el siguiente enlace.  
[http://www.cucei.udg.mx/carreras/computacion/sites/default/files/adjuntos/criteriosaprobacion\\_0.pdf](http://www.cucei.udg.mx/carreras/computacion/sites/default/files/adjuntos/criteriosaprobacion_0.pdf)

#### Modulo III Justificación de Sistemas Distribuidos

Se describe brevemente la relación que existe de este módulo con el proyecto modular a presentar, usar como referencia el siguiente enlace.  
[http://www.cucei.udg.mx/carreras/computacion/sites/default/files/adjuntos/criteriosaprobacion\\_0.pdf](http://www.cucei.udg.mx/carreras/computacion/sites/default/files/adjuntos/criteriosaprobacion_0.pdf)

#### IV. RESULTADOS OBTENIDOS DEL PROYECTO

El propósito de esta sección es resumir los principales resultados discutidos a lo largo del proyecto. Recuerde manejar las conclusiones como enunciados cortos fundamentados en la teoría y los objetivos planteados.

Esta sección no tiene requisitos especiales de formato.

#### V. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

El propósito de esta sección es resumir los principales resultados discutidos a lo largo del proyecto. Recuerde manejar las conclusiones como enunciados cortos fundamentados en la teoría y los objetivos planteados.

Esta sección no tiene requisitos especiales de formato.

#### RECONOCIMIENTOS

Esta sección sigue el formato regular del resto del documento. La única observación es notar que el título no está numerado.

En esta sección se agregan agradecimientos a personas que colaboraron en el proyecto pero que no figuran como autores del proyecto.

#### REFERENCIAS

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [6] (2002) The IEEE website. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/>
- [7] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/texarchive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/> [8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [11] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- [12] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.

#### Referencias de verdad

- [1] Pineda Zapata, U. and Carabalí Ararat, H. 2020. Un Problema de Enrutamiento del Vehículo con Enfoque de Ventanas de Tiempo para Mejorar el Proceso de Entregas. *Ingeniería*. 25, 2 (Jul. 2020), 117–143. DOI:<https://doi.org/10.14483/23448393.15271>.