

Propuesta de un aplicativo en Python para la asignatura de Topografía como apoyo en la resolución de problemas numéricos de planimetría y altimetría.

Luis Felipe Herreño Mateus (1)

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Yerly Fabian Martínez Estupiñán

Magister en ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2022

### **Dedicatoria**

Después de tu muerte padre las cosas fueron más difíciles, pero aun así, una persona siempre creyó en mí, en cada paso que daba y en cada decisión que tomaba. Aquella persona siempre me ha dicho que sueñe alto, me ha demostrado un apoyo incondicional y un amor tan grande que no puedo describirlo. Aquella persona ha sufrido mucho también, la he visto llorar, la he visto reír, la he visto triunfar y la he visto decaer, la he visto sufrir por mí y por mi bienestar, pero también la he visto orgullosa de mis acciones. Aquella persona que tuvo que dejar sus estudios universitarios porque siempre pensó primero en su familia, aquella persona que empezó vendiendo fruta y terminó teniendo uno de los mejores negocios, aquella persona que es mi motor de vida, que defiende a capa y espada, y que mi padre siempre me lo dijo “madre solo hay una, siempre defiéndela”. Esta tesis, calificada con la mayor nota posible va dedicada a ti madre, va por todas esas noches que me dejabas arropado mientras tú tenías que irte a trabajar, va por todos los esfuerzos que has realizado, no existen palabras para describir todo lo que siento por ti. Este y todos los logros que consiga tendrán una dedicatoria en tu honor.

### **Agradecimientos**

Agradecimiento especial a mi madre, Myriam Consuelo Mateus Blanco, quien siempre me apoyo y a pesar de las dificultades que se iban presentando, nunca me desamparó, gracias a mi difunto padre, Luis Herreño Ariza, por sus enseñanzas en vida que me formaron, gracias a mi difunta abuela materna, María Nelly Blanco Cruz, por su cariño y apoyo brindado en vida. Gracias a mis hermanas, Luisa Fernanda Herreño Mateus e Isabella Barrera Mateus por su cariño y también a mi sobrina Sara Lucia Herreño.

Gracias a la universidad pública por permitirme acceder a una educación de calidad, gracias a la Universidad Industrial de Santander por formarme como profesional y persona, gracias al programa MIDAS por fortalecer mis habilidades como tutor y reforzar por medio de la enseñanza los temas relacionados a la topografía, gracias al profesor Yerly Fabian Martínez Estupiñán por escuchar mi propuesta de proyecto, creer en este y apoyarme en su ejecución, gracias a las demás personas quienes hicieron posible mi formación académica. Gracias a mis compañeros y amigos quienes me apoyaron.

Finalmente, gracias a Dios por fortalecerme cada día y lograr un objetivo más, uno de muchos que deseo cumplir y que espero mi familia y Dios hagan parte del proceso como lo fueron en este.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	13
1. Objetivos.....	15
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Marco teórico .....	16
2.1 Ciencias de la computación. ....	16
2.2 Python como lenguaje de programación.....	16
2.3 Aplicativos y herramientas de programación aplicados a ingeniería civil y topografía. ....	17
2.4 TIC en el aprendizaje.....	19
3. Metodología .....	20
3.1 Fase de investigación.....	20
3.2 Fase de planeación.....	21
3.3 Fase de programación.....	21
3.4 Fase de control.....	22
3.5 Fase de redacción.....	22
3.5.1 Guía de conceptos de Python aplicados a topografía.....	22
3.5.2 Documento del código ToPy.....	23
4. Resultados.....	23
4.1 ¿Cómo descargar ToPy?.....	24
4.2 ¿Cómo utilizar ToPy?.....	25
4.3 Comprobación de ToPy.....	26

4.3.1 Resultados obtenidos utilizando Excel. ....	27
4.3.2 Resultados obtenidos por ToPy. ....	28
4.4 Mejoras a ToPy. ....	30
4.5 Presentación de ToPy a la convocatoria GRADUA TIC-2022. ....	31
4.6 Encuesta de satisfacción de la herramienta de ayuda topográfica ToPy. ....	31
5. Conclusiones .....	32
Referencias Bibliográficas .....	35
Apéndices.....	37

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Datos de los vértices del ejercicio.....	27
Tabla 2 Parámetros de entrada para el ejercicio .....	27
Tabla 3 Resultados obtenidos para la poligonal cerrada del edificio en el Excel.....	28
Tabla 4 Resultados obtenidos de la interpolación del perímetro de la poligonal en Excel .....	28
Tabla 5 Resultados obtenidos para la poligonal cerrada del edificio en ToPy .....	28
Tabla 6 Resultados obtenidos de la interpolación del perímetro de la poligonal en ToPy .....	29
Tabla 7 Estado del arte de temas relacionados a aplicativos desarrollados en ingeniería civil y topografía .....	37

### Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Logo de ToPy, la herramienta de ayuda a topografía.....	24
Figura 2 Interfaz de ToPy, la herramienta de ayuda a topografía.....	26
Figura 3 Gráficas generadas por la herramienta ToPy: Gráfica del terreno y Perfil longitudinal del terreno .....	29
Figura 4 Resultados a la pregunta: ¿Con cuál género se identifica?.....	38
Figura 5 Resultados a la pregunta: ¿En qué semestre de la carrera de Ingeniería Civil se encuentra? .....	38
Figura 6 Resultados a la pregunta: De 1 a 5 califique cómo considera que es su nivel de programación, siendo 1 muy bajo y 5 muy avanzado.....	38
Figura 7 Resultados a la pregunta: ¿Considera adecuado incluir herramientas de programación en el desarrollo de las asignaturas de la Escuela de Ingeniería civil, por ejemplo en Topografía?...	39
Figura 8 Resultados a la pregunta: Con base a la herramienta ToPy mostrada, ¿Qué tan útil considera que puede ser para usted dicha herramienta en el desarrollo del curso de topografía?	39
Figura 9 Resultados a la pregunta: Con base a la herramienta ToPy mostrada, califique de 1 a 5 a qué, sencillo e intuitivo puede ser su uso en la asignatura de topografía, siendo 1 muy difícil y 5 muy sencillo.....	40
Figura 10 Resultados a la pregunta: Con base a la herramienta ToPy mostrada, ¿Qué tan útil considera que pueda ser para EL PROFESOR dicha herramienta en el desarrollo del curso de Topografía?.....	40

Figura 11 Resultados a la pregunta: Califique de 1 a 5 la herramienta ToPy de acuerdo a la importancia de su uso en el ámbito académico. (Siendo 1 poco importante y 5 muy importante.41

Figura 12 Resultados a la pregunta: ¿Estaría interesado en profundizar (o iniciar) en conocimientos de programación para aplicar en otras asignaturas de su carrera? ..... 41

Figura 13 Fotografías tomadas en la toma de la encuesta de apreciación. .... 41

**Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Estado del arte.....	37
Apéndice B. Resultados obtenidos de la encuesta de apreciación a ToPy. ....	38
Apéndice C. Evidencias de toma de encuestas de apreciación. ....	41

## Glosario

**Python:** es un lenguaje de programación creado en los años 90, interpretado con tipado, multiplataforma y orientado a objetos. (González Duque, 2011)

**Tkinter:** es un estándar de interfaz aplicado en Python. (Lundh, 1999)

**Topografía:** es la ciencia que estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre un terreno y su representación gráfica. (Martín et al., 1994)

## Resumen

**Título:** Propuesta de un aplicativo en Python para la asignatura de Topografía como apoyo en la resolución de problemas numéricos de planimetría y altimetría.

**Autor:** Luis Felipe Herreño Mateus (1)

**Palabras Clave:** Python, topografía, ingeniería civil, aplicativo, herramienta, programación.

**Descripción:** Topografía es la primera asignatura en la que los estudiantes hacen un acercamiento inicial a los conceptos y desarrollo de procesos de Ingeniería Civil en la Universidad Industrial de Santander. Sin embargo, en la actualidad no cuenta de manera oficial con un uso de software especializado que permita el desarrollo de los diferentes capítulos entre ellos los temas de planimetría y altimetría. El rendimiento académico histórico de los estudiantes en esta asignatura la ubica como la asignatura con más reprobaciones dentro del programa de Ingeniería Civil. Con el fin de generar herramientas intuitivas que permitan una mejor comprensión de las temáticas de la asignatura, este proyecto buscó desarrollar un aplicativo utilizando Python para afianzar y profundizar en los conocimientos de topografía y expandir el conocimiento en programación. Para su desarrollo se elaboraron 5 fases: Investigación, planeación, programación, control y redacción. ToPy, la guía de fundamentos básicos y el anexo del código permiten desarrollar habilidades en lógica de programación y fortalece la competencia de resolución de problemas aplicados a ingeniería. ToPy permite calcular los datos de una poligonal cerrada con una cantidad N de vértices además de realizar la interpolación de su perímetro. Esta herramienta gráfica tanto el terreno como su perfil longitudinal. Por su utilidad, es una herramienta que puede ser aplicada en el ámbito laboral y académico.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería civil. Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabián Martínez Estupiñán. Magister en Ingeniería Civil.

### Abstract

**Title:** Proposal of an application in Python for the subject of Topography as support in the resolution of numerical problems of planimetry and altimetry.

**Author(s):** Luis Felipe Herreño Mateus (1)

**Key Words:** Python, topography, civil engineering, application, tool, programming.

**Description:** Topography is the first subject in which students make an initial approach to the concepts and development of Civil Engineering processes at the UIS. Topography does not have specialized software to develop of the different chapters, such as planimetry and altimetry. The historical academic performance of students in this subject places it as the subject with more failures within the Civil Engineering program. This project develops an application using Python to generate intuitive tools that allow a better understanding of the subject, strengthen and deepen the topography knowledge and expand the programming knowledge. For its development, 5 phases were elaborated: research, planning, programming, control, and writing. ToPy, the fundamentals guide, and the code annex allow the development of programming logic skills and strengthen the problem-solving competence applied to engineering. ToPy allows calculating the data of a closed polygon with N number of vertices and interpolating its perimeter. This tool graphs both the terrain and its longitudinal profile. Because of its usefulness, it is a tool that can be applied in the work and academic environment.

---

\* Degree Work

\*\* Physicomechanical Engineering's Faculty. Civil Engineering School. Civil Engineering.  
Director: Yerly Fabián Martínez Estupiñán. Master of Civil Engineering.

## Introducción

La programación en la actualidad es una herramienta que facilita la solución de diversos problemas que se presentan en el mundo real, ya sean académicos o científicos y en diferentes áreas de conocimiento (Gasca-Hurtado & Machuca-Villegas, 2017). Con el pasar de los años muchos gobiernos alrededor del mundo han visto en el uso de softwares libres una herramienta poderosa para un desarrollo más equitativo e incluyente de la educación, un ejemplo de ello es Alemania, que se ubica como el país con la mayor tasa de utilización en el mundo de este tipo de software (García Tendero, 2013). En el caso de Latinoamérica, se tiene a Brasil como el primer país en migrar sus sistemas de información a alternativas Open Source. Por otro lado, está Argentina con sus iniciativas en provincias como Santa Fe siendo esta su máximo exponente en la utilización de software libre (García Tendero, 2013). Además, en los últimos años ha sido notable el crecimiento por parte de estudiantes de ingeniería por realizar diversos cursos de capacitación y actualización que permitan el desarrollo de estas habilidades (Wang, 2020) resaltando a la ingeniería civil como una de las más interesadas en generar soluciones más automáticas y computacionales.

En el contexto colombiano, la necesidad de estar preparados para enfrentar los desafíos relacionados a la cuarta revolución industrial (Digitalización y Tecnología) ha llevado al Gobierno Nacional a la elaboración de un programa llamado Misión Tic en el cuál alrededor de 100.000 jóvenes y adultos colombianos se han ido preparando desde el año 2020 en temas relacionados con la programación. Dicho programa ha establecido 2 rutas de conocimiento, una para estudiantes de 10° u 11° de establecimientos educativos y el otro para mayores de 15 años interesados en acceder

al programa, a la convocatoria de este programa hacen parte diferentes universidades tanto privadas como públicas, entre las que se encuentra la Universidad Industrial de Santander- UIS.

Cuando se revisa el contexto propio de la escuela de Ingeniería civil en la Universidad Industrial de Santander, se encuentra que en esta existe un déficit de asignaturas que incluyan en sus programas el uso de algún lenguaje de programación. Para el caso particular de esta investigación la asignatura central de análisis es Topografía. Esta asignatura puede ser vista por los estudiantes desde segundo semestre si cumple con los requisitos establecidos por la universidad, y además es la primera materia donde los estudiantes tienen el primer contacto directo con la Ingeniería Civil, sin embargo, carece del uso de herramientas de programación que le permita al estudiantado optimizar y comprender mejor los conceptos que se desarrollan durante el semestre. Esta materia cuenta con 3 grandes temas: Planimetría, altimetría y diseño de vías, de las cuales solo diseño de vías ha empezado a utilizar en los últimos semestres el software AutoCAD, los otros dos temas no cuentan con una herramienta de ayuda. Además, los índices históricos muestran un rendimiento académico bajo por parte de los estudiantes, siendo una de las asignaturas con más reprobaciones. Incentivar el uso de lenguajes de programación y herramientas que permitan optimizar los cálculos sería una buena estrategia para que el estudiante comprenda mejor los conceptos, fortalezca su lógica de programación que a su vez lo llevaría a fortalecer las temáticas vistas y agilizar los cálculos topográficos.

Por lo tanto, en este trabajo se da respuesta a la pregunta: ¿Cómo elaborar un aplicativo con conceptos básicos de programación para la resolución de problemas de planimetría y altimetría de topografía? La respuesta se enfoca principalmente en el desarrollo de ToPy, la herramienta de ayuda a topografía.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Elaborar un aplicativo en Python para reforzar los conocimientos adquiridos de planimetría y altimetría de la asignatura de Topografía y a su vez, contribuir a la adquisición de fundamentos básicos para la programación.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Realizar una revisión sistemática de la literatura acerca del uso de herramientas de programación para el mejoramiento del aprendizaje en programas de ingeniería.

Elaborar una guía acerca de los fundamentos básicos en la programación de Python aplicados a cálculos topográficos.

Desarrollar un código en Python para cálculos topográficos de altimetría y planimetría.

## **2. Marco teórico**

A continuación, se presenta los términos, conceptos e información más relevante obtenida de la revisión a la literatura realizada.

### **2.1 Ciencias de la computación.**

Las Ciencias de la Computación es una disciplina que estudia los procesos y algoritmos que resultan de la adquisición, comunicación y acceso de la información (Gasca-Hurtado & Machuca-Villegas, 2017), a su vez, la programación es el desarrollo de software con el fin de solucionar un problema en específico. Factores como el currículo, herramientas y pedagogía son importantes a la hora de introducirse en la programación, pero sin duda alguna, un factor clave es la escogencia del lenguaje de programación a utilizar (Pears et al., 2007), entendiéndose lenguaje de programación como una serie de instrucciones y/o algoritmos que son dados a un software o computadora con el fin de generar una comunicación entre este y el usuario para obtener un resultado en específico. Este idioma permite a los usuarios de una forma sencilla comunicarse con la computadora sin embargo en casos más complejos se requiere traducir este a un lenguaje de máquina para que se pueda desarrollar. Actualmente hay varios lenguajes de programación usados en todo el mundo, pero los más frecuentados por sus características son Java, C++, Fortran y Python. El uso de estos lenguajes de programación provee optimización en el desarrollo de procesos y “exprime tu mente, y ayuda a pensar mejor, crea una manera de pensar sobre cosas que creo es útil en todos los dominios”- Bill Gates. (Fuentes-Rosado & Moo-Medina, 2017)

### **2.2 Python como lenguaje de programación**

Python es un lenguaje de programación libre y gratuito, creado por Guido Van Rosum en 1989 con el objetivo de crear un lenguaje sencillo para el uso de personas ajenas a las Ciencias de

la Computación y, por ende, uno de los más utilizados para introducirse a la programación (García Monsalvez, 2017).

Algunos de los principios de diseños de Python son: “Simple es mejor que complejo” y “Si la implementación es difícil de explicar, entonces es una mala idea”, esto se traduce en una filosofía de generar códigos de manera clara y sencilla (Challenger et al., 2014). Algunas características por las que Python se destaca sobre otros lenguajes son: Sintaxis libre, entorno de desarrollo amigable, multi-paradigma, librerías y una gran comunidad (García Monsalvez, 2017). Además, Python se puede extender a otros lenguajes como el C y C++ proporcionando así nuevos datos funciones, etc. También permite realizar desarrollo web por medio de framework como Django y Flask (Nolasco Valenzuela, 2018).

### **2.3 Aplicativos y herramientas de programación aplicados a ingeniería civil y topografía.**

En ingeniería civil ya se han aplicado códigos en Python para mejorar y optimizar procesos. En la India, se ha incluido el lenguaje de programación de Python para la elaboración de códigos aplicados a estructuras de hormigón armado, específicamente para calcular su resistencia al corte (Sarvade & Pore, 2019).

Con el fin de crear una interfaz de consulta catastral para el acceso a esta información de manera eficiente y rápida, se desarrolló con el software Python en septiembre del 2020, un estudio en el municipio de Chitagá, Norte de Santander para elaborar el catastro de redes de acueductos y alcantarillados (Carvajal & Tapiero, 2021).

Otra aplicación desarrollada fue hecha por la Universidad de Cantabria para el manejo y análisis de datos de aplicación en ingeniería Civil, en este caso implementaron un modelo de Machine Learning con la ayuda de Python (Moreno González-Páramo, 2017). Python también ha sido usado para la elaboración de comandos programados en la edición de ArcGis para agilizar el

proceso de edición de atributos aplicados en la ciudad de Bogotá (Páez Saavedra & Rios Zambrano, 2019).

Por medio del lenguaje Autolisp y DCL, en la universidad Eafit se diseñó un software llamado VIAS de uso libre, el cual permite realizar el diseño completo o una etapa cualquiera dentro de un proyecto de una carretera (Agudelo Ospina, 2008).

En el contexto del estudio de la topografía a nivel mundial se destacan países como España donde se vio la necesidad de implementar herramientas informáticas en distintas áreas, destacando la de topografía para optimizar y agilizar cálculos de azimuts, distancias, replanteos, entre otros, es por esto han ido desarrollando aplicativos para cálculos geodésicos y topográficos en Python (García Tendero, 2013). Otro ejemplo se encuentra en la facultad de construcciones de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas ubicada en Cuba, donde se identificó la necesidad de contar con una plataforma web diseñada en el lenguaje de programación HTML para que el estudiantado pueda acceder a información sobre las temáticas de la asignatura de topografía, es por esto que recurren a la actualización de SETOP, convirtiéndolo en SETOP v2, este programa web responde a los objetivos de la asignatura para el programa de ingeniería civil y ha ayudado a contribuir con la enseñanza de esta (Albor Machado, 2019). Otros ejemplos en España es el Software CALCO el cual permite realizar cálculos topográficos en poligonales, coordenadas, entre otros(Almagro & López Hernández, 2010).

Otra herramienta desarrollada para cálculos topográficos es ProtoCol realizado en el ámbito de la innovación docente en la Universidad de Jaén de España, esta herramienta se realiza con el fin de proporcionar al estudiante un aprendizaje autónomo, que adquiera información en un entorno virtual y que alcance un mayor análisis de los problemas (Mozas & Ruiz, 2008). Por las múltiples ventajas en el uso de software libre como lo es el ahorro económico y la independencia

tecnológica, también hay casos donde se han desarrollado herramientas en Python para cálculos topográficos y geodésicos. Un ejemplo de este es el desarrollado en la Universidad de Salamanca y en la Escuela Politécnica Superior de Ávila, donde la librería “geotopo” proporciona 6 paquetes que a su vez contienen diferentes módulos (García Tendero, 2013).

En Colombia se destaca el software TOPO 3 el cual permite procesar datos de topografía para posteriormente realizar cálculos referentes a vías como volúmenes, generación de diseño y chequeos.

Finalmente, el uso de herramientas o aplicativos permiten optimizar tiempo y recursos que son importantes en la ingeniería civil y topografía.

#### **2.4 TIC en el aprendizaje.**

Actualmente el acceso conocimiento ha traído grandes cambios en la educación y la tecnología ha influenciado mucho en ese ambiente. La incorporación de las TIC es un proceso que compagina las herramientas tecnológicas con la integración a los sistemas de educación (Hernandez, 2017). Las TIC sirven como herramienta de aprendizaje y ayudan a fortalecer la investigación y creación de enseñanzas, además, el uso de tecnología en la actualidad proporciona ilimitadas posibilidades y genera así una gama amplia de recursos para el aprendizaje.

En el programa de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS) se establece un plan de estudios con 43 asignaturas sin contar asignaturas de contexto, electivas y proyectos de grado. La asignatura de Topografía se puede cursar a partir del segundo nivel por estudiantes que deciden adelantarla y en el tercer nivel si se cumple con los requisitos. Es importante aclarar que esta asignatura es una de las primeras en la que los estudiantes hacen un acercamiento inicial a los conceptos y desarrollo de proceso de ingeniería. Sin embargo, en la actualidad no cuenta de manera oficial con un uso de software especializado para el desarrollo de

los primeros capítulos que corresponden a los temas de planimetría y altimetría, se hace de manera espontánea por parte del docente de la asignatura, sin que sea un requisito obligatorio. Además, el rendimiento académico histórico de parte de los estudiantes en esta asignatura la ubica como una de las asignaturas con más reprobaciones.

Siguiendo con el panorama nacional y buscando la inclusión de las TIC, en este artículo se muestra el procedimiento que se realizó para desarrollar ToPy, la herramienta de ayuda a topografía, la cual busca expandir tanto los conocimientos de topografía como de programación y mostrar opciones de aprendizaje basadas en el uso de aplicativos computacionales. ToPy es una herramienta desarrollada en el lenguaje de programación de Python el cual permite desarrollar los cálculos correspondientes a una poligonal cerrada y la interpolación de su perímetro además de generar un gráfico de lote por medio de las coordenadas y el perfil longitudinal que muestra las elevaciones de cada línea que conforma la poligonal. Las tablas se deben presentar sin colores y sin líneas verticales, solo deben hacerse visible las líneas horizontales. El numero de la tabla a margen izquierdo, en negrilla y sin cursiva. El título de la tabla debajo a margen izquierdo sin negrilla y en cursiva. Luego va centrada la tabla y por último a margen izquierdo va la nota.

### **3. Metodología**

A continuación, se explicarán las 5 fases que permitieron desarrollar este proyecto.

#### **3.1 Fase de investigación.**

Se realiza la revisión bibliográfica de artículos de investigación relacionados aplicativos aplicados a ingeniería civil y topografía, los cuales fueron presentados en el capítulo anterior. En el anexo A se encuentra una tabla resumen.

### 3.2 Fase de planeación.

En esta fase se delimitaron los parámetros de entrada que tendría la herramienta junto con la interfaz al usuario. Los parámetros de entrada son:

Para la poligonal cerrada (Planimetría):

- Grados, minutos y segundos de los ángulos horizontales de la poligonal, ya sean internos o externos.
- Longitud entre los vértices de la poligonal.
- Azimut inicial (Del primer al segundo vértice).
- Coordenadas Norte y Este del vértice inicial.
- Seleccionar el tipo de poligonal que se está trabajando: Sentido horario-Ángulos internos, Sentido horario-Ángulos externos, Sentido antihorario-Ángulos internos y Sentido antihorario-Ángulos externos.

Para la interpolación (Altimetría):

- Cota de los vértices de la poligonal.
- Cada cuanto quiere realizar la interpolación.

### 3.3 Fase de programación.

Se obtiene un código final en Python compuesto por 1785 líneas de código y un paquete con 17 funciones.

- Programación de códigos bases: Se elabora un paquete que contiene una librería con 17 funciones las cuales ayudan a minimizar el archivo del código principal.
- Programación del código de la poligonal cerrada: Se desarrolla el código principal de la poligonal cerrada, el cual además de generar la tabla con los resultados obtenidos, realiza el gráfico del terreno y calcular su área respectiva.

- Programación del código de interpolación: Se elabora el código del interpolador para el perímetro del terreno, además, los resultados se pueden observar en una tabla y también el desarrollo del perfil longitudinal del terreno.
- Programación del aplicativo: Se crea el código principal del aplicativo, el cual incluye lo desarrollado para la interfaz gráfica, el código de la poligonal cerrada, el interpolados y la inclusión del paquete desarrollado. Para su desarrollo se hizo uso de la librería Tkinter.

### **3.4 Fase de control.**

Se revisa que el código funciona correctamente, además se escoge el nombre del aplicativo y se desarrolla el video tutorial.

### **3.5 Fase de redacción.**

En esta fase se realizó todo el proceso de redacción del artículo junto con los dos anexos que lo componen:

#### ***3.5.1 Guía de conceptos de Python aplicados a topografía.***

Corresponde a una guía que explica 11 conceptos de Python y que a diferencia de otras, sus ejemplos y ejercicios giran en torno a temáticas relacionadas con topografía. Los temas tratados son:

- Comentarios y print.
- Variables y tipos de datos.
- Operadores.
- Entrada y salida de datos.
- Condicionales.
- Bucles.

- Funciones.
- Listas.
- Módulos y paquetes.
- Programación Orientada a Objetos (POO).
- Interfaces gráficas y aplicaciones de escritorio.

Esta guía también incluye comentarios finales y recomendaciones para empezar en la programación en Python.

A continuación, se inserta el documento de la guía:



### ***3.5.2 Documento del código ToPy.***

Es un documento en el cual se describen las 17 funciones que fueron realizadas junto con el código principal. Este documento además contiene los códigos utilizados para que la herramienta ToPy funcione correctamente.

A continuación, se inserta el documento del código:



## **4. Resultados**

ToPy es una herramienta de ayuda a topografía diseñada en el lenguaje de programación de Python y haciendo uso de librerías como la de Tkinter. Esta herramienta permite al usuario

resolver una cartera de campo de una poligonal cerrada de una cantidad N de vértices, generar una tabla de resultados con los datos calculados y el área del terreno con su respectivo gráfico. Además, permite calcular las interpolaciones del perímetro de la poligonal y realizar el perfil longitudinal.

La importancia de ToPy radica en su efecto optimizador de tiempo y la precisión de sus resultados. ToPy es una herramienta que puede ser usada por profesionales quienes requieran realizar un levantamiento de poligonal cerrada e interpolación, a su vez, permite por su utilidad ser implementada en el ambiente académico, como una herramienta de apoyo a la asignatura de topografía.

### Figura 1

*Logo de ToPy, la herramienta de ayuda a topografía*



#### 4.1 ¿Cómo descargar ToPy?

Para descargar la ToPy, siga los siguientes pasos:

- Descargue Python en su computador a través del enlace oficial:

<https://www.python.org/downloads/>

- Descargue el siguiente archivo comprimido:



Topy\_Herramienta\_Topográfica.zip

- Extraiga el archivo, posteriormente ingrese a las siguientes carpetas:  
“Topy\_Herramienta\_Topográfica” – “Topografía”.
- Abra el archivo titulado como: ToPy.

Recomendaciones: No modifique nada en las carpetas de “imagenes” y “mipaquete”, debido a que cualquier modificación o afectación del código produciría errores.

## 4.2 ¿Cómo utilizar ToPy?

Aunque la herramienta cuenta con una serie de instrucciones en cada pestaña para que el usuario sepa cómo utilizarlo, se presenta un resumen de las 4 pestañas que cuenta la interfaz de ToPy: Inicio, Datos, Calculo y Salir:

Pestaña de Inicio: Se encuentra una descripción del programa e instrucciones generales del uso.

Pestaña de Datos:

- Ingresar Datos: Ingrese los grados, minutos y segundos de los ángulos horizontales, además de las distancias entre los vértices y sus respectivas cotas. Para que los datos queden guardados, oprimir el botón “Ingresar”, si se quiere ver la tabla con los datos agregados oprimir “Tabla”.
- Correcciones: Para corregir, ingrese el ID del vértice que quiere cambiar e ingrese los nuevos datos con corrección, posteriormente oprimir el botón “corregir”.

Pestaña de Calculo:

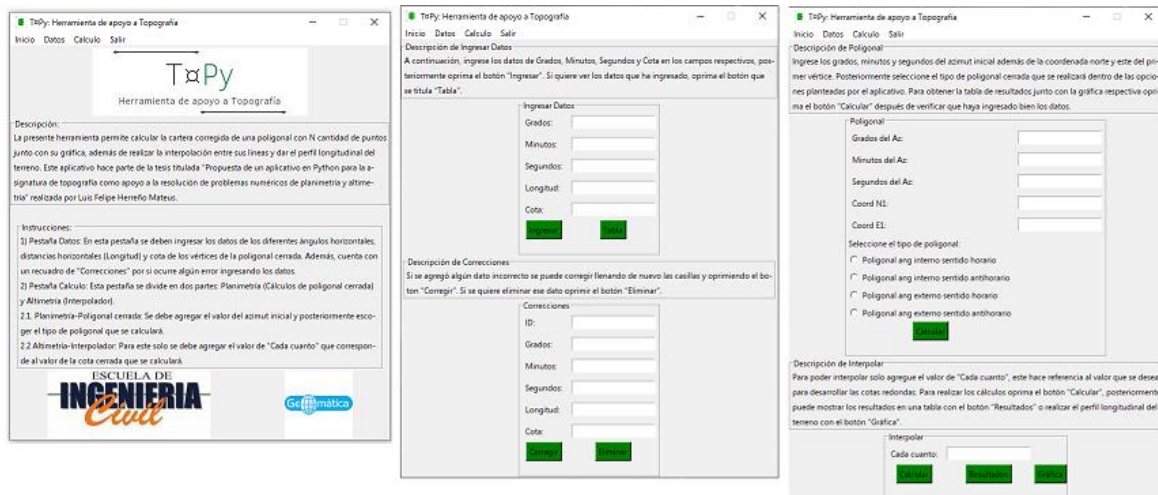
- Poligonal: Ingrese el azimut inicial, coordenada Norte y Este del primer vértice y seleccione el tipo de poligonal a desarrollar. Finalmente oprimir “Calcular”, la cual generará dos ventanas, una con la tabla resumiendo los datos calculados y la otra con el gráfico del terreno.
- Interpolar: Ingrese cada cuanto quiere realizar la interpolación y darle click al botón “Calcular”. Si quiere ver los resultados obtenidos de la interpolación oprimir “Resultados” y para generar el perfil longitudinal el terreno en el botón “Gráfica”.

Pestaña Salir: Oprima esta pestaña cuando ya no vaya a hacer más uso del programa. Recuerde que la herramienta no guarda resultados obtenidos anteriormente.

En el siguiente enlace se encuentra un video explicando tanto la instalación como el uso de la herramienta ToPy además del desarrollo de una cartera con el fin de dar más claridad a la misma: [https://www.youtube.com/watch?v=LJ4XS5CK4KE&t=18s&ab\\_channel=LuisFelipeHerre%C3%91oMateus](https://www.youtube.com/watch?v=LJ4XS5CK4KE&t=18s&ab_channel=LuisFelipeHerre%C3%91oMateus).

## Figura 2

*Interfaz de ToPy, la herramienta de ayuda a topografía*



### 4.3 Comprobación de ToPy.

La ejecución y resultados presentados por la herramienta ToPy han sido comprobados y constatados para verificar su correcto funcionamiento. A continuación, se desarrollará un ejercicio por medio de ToPy y Excel para poder comparar sus resultados.

Enunciado: Realizar los cálculos correspondientes a una poligonal cerrada que cuenta con los datos obtenidos en la tabla 1 y 2.

Los datos corresponden a una poligonal cerrada, cuyos vértices se midieron en sentido horario y los ángulos dados son internos. Interpolarse cada medio metro.

**Tabla 1**

*Datos de los vértices del ejercicio*

<b>Datos de los vértices</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>Ángulos Horizontales</b>	<b>Cotas (msnm)</b>	<b>Linea</b>	<b>Longitud (m)</b>
1	120°0'1.08"	100.1	12	100
2	119°59'53.88"	101.2	23	101
3	120°0'2.16"	102.1	34	100.5
4	120°0'2.88"	101.8	45	101.2
5	119°59'54.96"	100.4	56	99.8
6	119°59'56.04"	99.1	61	100.3

**Tabla 2**

*Parámetros de entrada para el ejercicio*

<b>Parámetros de entrada</b>	
Az 12	12°12'12.00"
Coord N1	1000
Coord E1	2000

#### **4.3.1 Resultados obtenidos utilizando Excel.**

A continuación, se hace una comparación entre los resultados obtenidos en Excel y los resultados obtenidos en el programa:

**Tabla 3**

*Resultados obtenidos para la poligonal cerrada del edificio en el Excel*

Vértice	Ángulos	Distancias	Ángulos Corr	Azimut	Proy N	Proy E	Proy N corr	Proy E corr	Coord Norte	Coord Este
1	120°0'1.08"	100	120°0'2.58"	12°12'12.00"	97.740	21.1382	97.9748	21.0807	1000	2000
2	119°59'53.88"	101	119°59'55.38"	72°12'16.62"	30.868	96.1676	30.9415	95.9061	1097.9748	2021.0807
3	120°0'2.16"	100.5	120°0'3.66"	132°12'12.96"	-67.513	74.4466	-67.3507	74.2442	1128.9163	2116.9868
4	120°0'2.88"	101.2	120°0'4.38"	192°12'8.58"	-98.914	-21.3902	-98.6764	-21.4484	1061.5656	2191.2310
5	119°59'54.96"	99.8	119°59'56.46"	252°12'12.12"	-30.503	-95.0243	-30.4296	-95.2827	962.8893	2169.7826
6	119°59'56.04"	100.3	119°59'57.54"	312°12'14.57"	67.379	-74.2979	67.5404	-74.4999	932.4596	2074.4999
Área	26223.2382									

**Tabla 4**

*Resultados obtenidos de la interpolación del perímetro de la poligonal en Excel*

	Cota	Distancia
	100.1	0.000
1	100.5	36.364
	101	81.818
	101.2	0.000
2	101.5	33.667
	102	89.778
	102.1	0.000
3	102	33.500
	101.8	0.000
4	101.5	21.686
	101	57.829
	100.5	93.971
	100.4	0.000
5	100	30.708
	99.5	69.092
	99.1	0.000
6	99.5	40.120
	100	90.270
1	100.1	100.300

**4.3.2 Resultados obtenidos por ToPy.**

**Tabla 5**

*Resultados obtenidos para la poligonal cerrada del edificio en ToPy*

TABLA DE LA POLIGONAL

ID	Ángulos	Distancias	Ángulos corr	Azimut	Proy N	Proy E	Proy N corr	Proy E corr	Coord Norte	Coord Este
Area	26223.2868									
1	120° 0' 3.6"	100.0	120° 0' 3.6"	12° 12' 11.88"	97.7404	21.1381	97.9745	21.0806	1000.0	2000.0
2	119° 59' 53.88"	101.0	119° 59' 56.4"	72° 12' 15.48"	30.868	96.1674	30.9419	95.9058	1097.9745	2021.0806
3	120° 0' 2.16"	100.5	120° 0' 3.6"	132° 12' 11.88"	-67.5122	74.447	-67.3505	74.2444	1128.9164	2116.9864
4	120° 0' 2.88"	101.2	120° 0' 3.6"	192° 12' 8.28"	-98.9136	-21.39	-98.6767	-21.4482	1061.5659	2191.2308
5	119° 59' 54.96"	99.8	119° 59' 56.4"	252° 12' 11.88"	-30.5029	-95.0243	-30.4298	-95.2828	962.8892	2169.7826
6	119° 59' 56.04"	100.3	119° 59' 56.4"	312° 12' 15.48"	67.3792	-74.2976	67.5406	-74.4997	932.4594	2074.4998

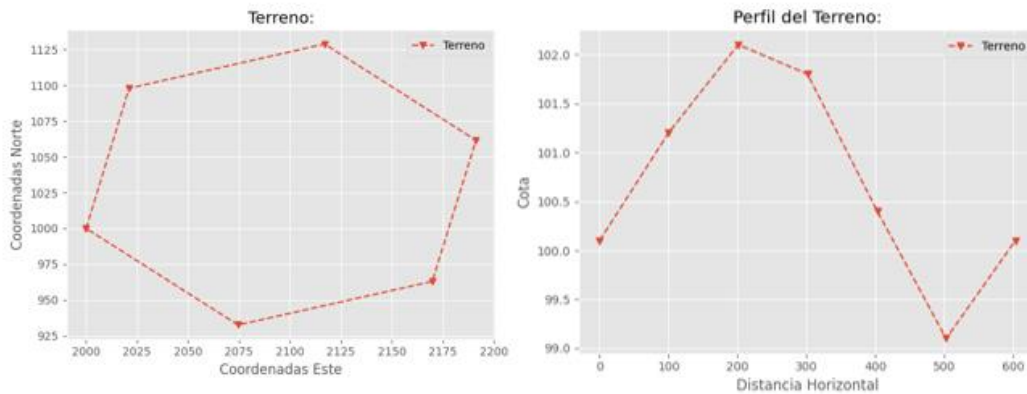
**Tabla 6**

*Resultados obtenidos de la interpolación del perímetro de la poligonal en ToPy*

TABLA DE INTERPOLACIÓN	
Cotas	Distancia
100.1	100.3
100.0	90.27
99.5	40.12
99.1	0
99.5	69.092
100.0	30.708
100.4	0
100.5	93.971
101.0	57.829
101.5	21.686
101.8	0
102.0	33.5
102.1	0
102.0	89.778
101.5	33.667
101.2	0
101.0	81.818
100.5	36.364
100.1	0

**Figura 3**

*Gráficas generadas por la herramienta ToPy: Gráfica del terreno y Perfil longitudinal del terreno*



Comparando los resultados se observa una pequeña diferencia en las tablas con los datos resumidos de la poligonal cerrada, tomando de referencia las áreas obtenemos el siguiente error:

$$\text{Error} = (\text{Teórico-Experimental}) / \text{Teórico} \quad (1)$$

Para obtener el Error en porcentaje se multiplica el valor de (1) por 100.

$$\text{Error} = (26223.2382 - 26223.2868) / 26223.2382$$

$$\text{Error} = 0.00018 \%$$

Esta diferencia se debe a la forma en que ambas herramientas realizan las divisiones. En Python, la forma de almacenar los resultados de las divisiones es en número binarios, los cuales luego de realizar la operación el lenguaje automáticamente los convierte a decimales para mostrárselos al usuario, al realizar esta conversión interna pueden ocurrir errores de aproximación mínimos como se muestran en este ejercicio. Un error de 0.00018 % no es significativo en el resultado, por ende y una vez aclarado el motivo de esta imprecisión, se puede asegurar que la herramienta ToPy es confiable.

#### **4.4 Mejoras a ToPy.**

A nivel de programación las mejoras de ToPy depende del conocimiento e innovación de la persona quien decida realizarlas. ToPy al estar escrito en el lenguaje de programación e Python permite extenderse a otros lenguajes, esto a su vez permite que pueda ser llevado a un aplicativo web o un aplicativo de celular. La seguridad del código también puede ser mejorada para que no sea editable por cualquiera o el código sea replicado en otros aplicativos sin consentimiento previo. Agregar una base de datos que permita guardar los resultados obtenidos y así poder generar un historial para el usuario que use ToPy es otra mejora que se puede realizar.

En temas relacionados con topografía, se puede complementar a ToPy agregando los otros levantamientos correspondientes a las temáticas de planimetría y altimetría, además de agregar un apartado para vías.

#### **4.5 Presentación de ToPy a la convocatoria GRADUA TIC-2022.**

Gradua-Tic es una convocatoria que busca fomentar los proyectos de trabajo de grado que impulsen los procesos de formación en algún programa académico de pregrado usando las herramientas Tic.

Debido a que ToPy es una herramienta de apoyo a la asignatura de topografía, fue presentada en las fechas establecidas por la convocatoria junto a otras cuatro propuestas dando como resultado definitivo la propuesta al proyecto “ToPy: Aplicativo en Python como apoyo en la resolución de problemas numéricos de planimetría y altimetría para la asignatura de Topografía”. Este resultado fue generado por la vicerrectoría académica y el ELTIC, el día 10 de agosto del 2022.

#### **4.6 Encuesta de satisfacción de la herramienta de ayuda topográfica ToPy.**

Con el fin de conocer la percepción por parte del estudiantado de la asignatura de topografía acerca de la herramienta ToPy, se realizó una encuesta a una muestra de 41 estudiantes que están cursando la asignatura en el actual semestre (2022-01). Para este proceso de encuesta se considera que dicha muestra es significativa ya que fue calculada con la ecuación de tamaño muestral de población finita (población=89 estudiantes) con un nivel de confianza del 90% , margen de error de 10%. Importante aclarar que para poder resolver la encuesta, previamente tuvieron acceso al programa y una explicación de su funcionamiento.

Los resultados se muestran en el anexo B y en estos se pueden evidenciar los siguientes resultados:

Respecto a la figura 6 se observa que solo el 12.2% de los estudiantes encuestados presentan un nivel bueno de programación.

Se observa en la figura 7 que todos los encuestados están de acuerdo en la inclusión de herramientas de programación en el desarrollo de asignaturas como topografía.

De la figura 8 se destaca la apreciación de utilidad por parte de los estudiantes encuestados a la herramienta ToPy. En la figura 9 se destaca que solo el 2.4% de los encuestados considera la herramienta ToPy difícil de utilizar.

El 97.5% de los encuestados valoran como importante o muy importante el uso de la herramienta ToPy en el ámbito académico, esto se refleja en la figura 10.

Finalmente, en la figura 12 se observa un interés total de los estudiantes por iniciar en conocimientos de programación para aplicarlo a otras asignaturas de la carrera. Importante resaltar que el 41.5% de los encuestados consideran que no tienen tiempo, esto debe ser tenido en cuenta en las aplicaciones que se le puede dar a la herramienta ToPy. Se presenta en forma exacta el aporte del desarrollo del trabajo en concordancia a la justificación presentada. Se describe en forma lógica, los resultados del trabajo, dando respuesta a los objetivos o propósitos planteados. Basado en los resultados recolectados, incluido el tratamiento estadístico o cualitativo. Se muestra en forma concisa los productos y/o resultados y se resaltan las contribuciones del trabajo al contexto local, regional, nacional e internacional, cuando aplique.

## **5. Conclusiones**

Colombia se está preparando para la cuarta revolución industrial, y para esto hay que avanzar en conceptos de programación en el ámbito académico. Además, los estudiantes de ingeniería tienen que desarrollar la capacidad de codificar ideas, esta habilidad se puede desarrollar con el aprendizaje de la programación.

A partir de la revisión de literatura realizada acerca de aplicativos relacionados a ingeniería civil y topografía se evidencia el uso de diversos lenguajes de programación para la realización de diversas funciones.

ToPy por su utilidad, es una herramienta que puede ser aplicada en el ámbito laboral y académico.

ToPy junto con los anexos de la guía de programación básica en Python y el código de la herramienta permiten junto con un acompañamiento docente que un estudiante pueda empezar a programar y que además vea una aplicación específica en la carrera de ingeniería civil y topografía.

ToPy es una herramienta que al ser diseñada en el lenguaje de programación de Python permite extenderse a otros lenguajes con los cuales puede llegar a desarrollarse como una herramienta web o una herramienta que puede ser descargable desde dispositivos móviles.

ToPy es la base para poder crear una herramienta más sofisticada en la Universidad Industrial de Santander (UIS), esta desarrollada en un lenguaje ideal para incursionar en temas de programación que es amigable con el programador, además que ofrece una gran variedad de librerías y comandos. Puede ser optimizada agregando otros levantamientos topográficos, es importante recalcar que esta herramienta ya trae funciones que pueden ser reutilizadas para otros tipos de levantamientos, eso permite que su actualización o mejoras en futuras versiones sea más sencilla.

La mejora de ToPy está limitada por la imaginación e innovación de la persona quien lo decida realizar, Python ofrece las herramientas y su compatibilidad para que se pueda desarrollar.

ToPy a diferencia de otro software que existen en el mercado tiene la ventaja para la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander que es una herramienta desarrollada por un integrante de la misma, esto permite que la programación sea desarrollada con

la metodología propia de la escuela a la hora de enseñar los conceptos y que a su vez se permita su actualización en versiones futuras. Es un impulso para la asignatura de topografía porque permite al estudiante realizar comparaciones con los cálculos realizados en las clases teóricas o plasmar el levantamiento topográfico visto en el componente práctico de la asignatura. Si se logra implementar ToPy con la asignatura y a su vez acompañar al estudiante con una guía docente en programación, el estudiante desde los primeros semestres del programa de ingeniería civil podrá desarrollar la lógica de programación y decodificar ideas, que será de gran ayuda para el resto de asignaturas porque la programación se puede aplicar en cualquier ámbito que se desee.

Se elabora de manera satisfactoria una guía con 11 fundamentos básicos de programación en Python, la cual cuenta con ejemplos y ejercicios prácticos resueltos relacionados a las temáticas de topografía y ejercicios propuestos para que el lector pueda complementar los conocimientos.

De la encuesta de apreciación aplicada a los estudiantes de topografía, se observa un interés y buena valoración por ellos hacia la herramienta de ayuda a topografía ToPy. Esto permite concluir que para los estudiantes encuestados es importante empezar la implementación por parte de la escuela de ingeniería civil al uso y aprendizaje de programación y/o programas que permitan fomentar el conocimiento de las asignaturas. (Va en capítulo separado de las conclusiones, pero no necesariamente en hoja nueva y en este apartado se expresa las perspectivas del autor a fin de complementar con nuevas ideas a la investigación original)

### Referencias Bibliográficas

- Agudelo Ospina, J. J. (2008). VÍAS-software libre para el diseño geométrico de vías, topografía y SIG. *Revista Ingeniería de Construcción*, 23(1), 52–59.
- Albor Machado, D. (2019). Software educativo para la enseñanza y aprendizaje de la topografía. ETOP versión 2. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.
- Almagro, A., & López Hernández, G. (2010). Sistemas topográficos para mediciones en arquitectura y manual de uso del programa Calco.
- Carvajal, D. E. O., & Tapiero, D. I. S. (2021). Interfaz de Consulta con Lenguaje Python para El Catastro de Redes de Acueducto y Alcantarillado. *HAMUT'AY*, 8(2), 79–97.
- Challenger, I., Díaz, Y., & Becerra, R. (2014). El lenguaje de programación Python. *Ciencias Holguín*, 1-13.
- Fuentes-Rosado, J. I., & Moo-Medina, M. (2017). Dificultades de aprender a programar. *Revista Educacion En Ingenieria*, 12(24), 76–82.
- Garcia Monsalvez, J. C. (2017). Python as first textual programming language in secondary education. *Education in the Knowledge Society*, 18(2), 147–162.
- García Tendero, J. P. (2013). Desarrollo de herramientas en Python para cálculos geodésicos y topográficos.
- Gasca-Hurtado, G. P., & Machuca-Villegas, L. (2017). Computer Science in the real world. *RISTI-Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 8–11.
- González Duque, R. (2011). Python para todos. Creative Commons Reconocimiento.
- Hernandez, R. M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325–347.

- Lundh, F. (1999). An introduction to tkinter. URL: [Www. Pythonware. Com/Library/Tkinter/Introduction/Index. Htm](http://www.pythonware.com/Library/Tkinter/Introduction/Index.Htm).
- Martín, A. G., Campoy, M. R., & Vázquez, F. E. S. (1994). Topografía básica para ingenieros (Vol. 42). EDITUM.
- Moreno González-Páramo, L. (2017). Herramientas avanzadas de análisis de datos de aplicación en ingeniería civil: Machine Learning using Python.
- Mozas, A. T., & Ruiz, J. J. (2008). Herramienta web para la realización de cálculos topográficos desarrollada en el ámbito de la innovación docente en la Universidad de Jaén. *Iniciación a La Investigación*.
- Nolasco Valenzuela, J. S. (2018). Python Aplicaciones prácticas. Paracuellos de Jarama, Madrid, España: Grupo Editorial RA-MA. Recuperado el.
- Páez Saavedra, P. A., & Rios Zambrano, C. A. (2019). Topografía aplicada a las bases de datos viales.
- Pears, A., Seidman, S., Malmi, L., Mannila, L., Adams, E., & Bennedsen, J. (2007). A Survey of Survey Question (1-Lowest, 5-Highest) Score 1. I learned basic programming concepts such as variables, data types, selection and repetition control structures, arrays, files, and methods and functions from this course. 4.375 4.3125———. *ACM SIGCSE Bulletin*, 39(4), 204–223.
- Sarvade, S. M., & Pore, S. M. (2019). Use of Python Programming for Interactive Design of Reinforced Concrete Structures. National Conference on Exploring New Dimensions in Teaching Learning for Quality Education, Maharashtra, India, 160–163.
- Wang, C. (2020). A Brief Introduction of Python to Freshman Engineering Students Using Multimedia Applications. 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 1–8.

## Apéndices

### Apéndice A. Estado del arte.

**Tabla 7**

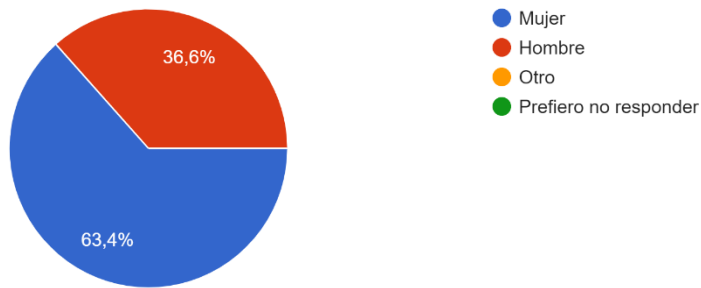
*Estado del arte de temas relacionados a aplicativos desarrollados en ingeniería civil y topografía*

Indice	Título	Autor	Año	País	Aplicativo	Lenguaje
1	Use of Python Programming for interactive design of Reinforced Concrete Structures	Shivaji Sarvade	2019	India	Cálculo de la resistencia al corte en concreto de hormigón armado	Python
2	Topografía aplicada a las bases de datos viales	Paula Alejandra Paez Saavedra Cesara Augusto Rios Zambrano	2017	Colombia	Comandos en Arcgis	Python
3	Herramientas avanzadas de análisis de datos de aplicación en ingeniería civil: Machine Learning using Python	Moreno Gonzales	2017	España	Machine Learning	Python
4	Desarrollo de herramientas en Python para cálculos geodésicos y topográficos	Garcia Tendero	2013	España	Geotopo	Python
5	oftware educativo para la enseñanza y aprendizaje de la topografía. SETOP versión 2	Albor Machado	2019	Cuba	SETOP v2	HTML
6	Novedades de TOPO3	Efraín Solano Fajardo	2022	Colombia	TOPO3	No específica
7	CALCO. Software para cálculos topográficos en arquitectura	Antonio Almagro	2011	España	Calco	DOS
8	Vias - software libre para el diseño geométrico de vías, topografía y SIG	John Jairo Agudelo Ospina	2008	Colombia	VIAS	Autolisp-DCL
9	Herramienta web para la realización de cálculos topográficos desarrollada en el ámbito de la innovación docente en la Universidad de Jaén	Mozas	2008	España	Protocol	No específica

**Apéndice B.** Resultados obtenidos de la encuesta de apreciación a ToPy.

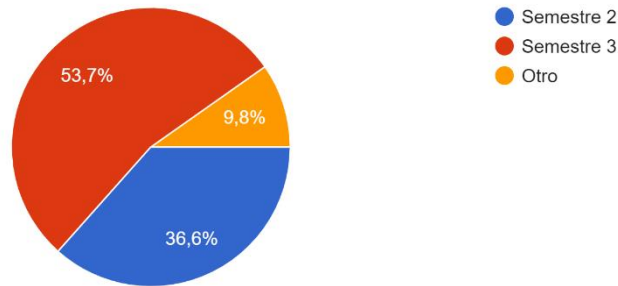
**Figura 4**

*Resultados a la pregunta: ¿Con cuál género se identifica?*



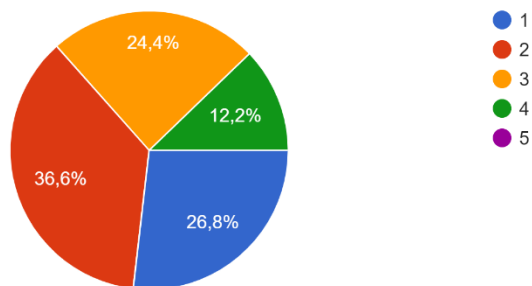
**Figura 5**

*Resultados a la pregunta: ¿En qué semestre de la carrera de Ingeniería Civil se encuentra?*



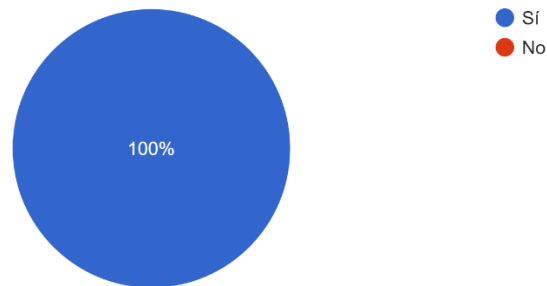
**Figura 6**

*Resultados a la pregunta: De 1 a 5 califique cómo considera que es su nivel de programación, siendo 1 muy bajo y 5 muy avanzado.*

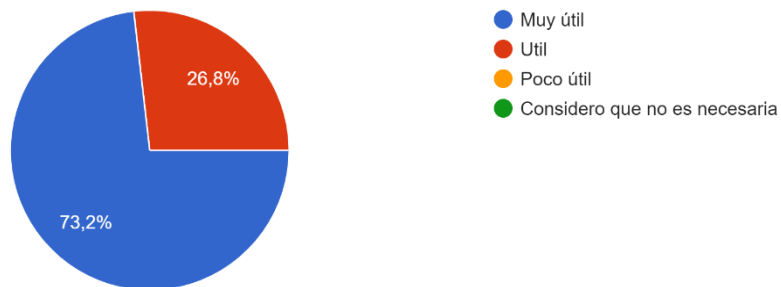


**Figura 7**

*Resultados a la pregunta: ¿Considera adecuado incluir herramientas de programación en el desarrollo de las asignaturas de la Escuela de Ingeniería civil, por ejemplo en Topografía?*

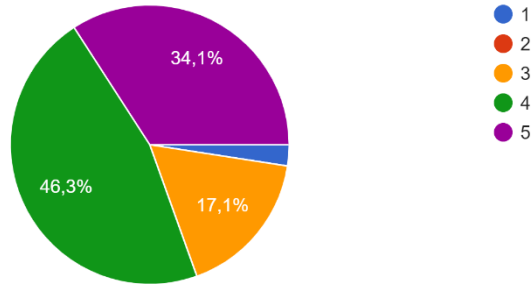
**Figura 8**

*Resultados a la pregunta: Con base a la herramienta ToPy mostrada, ¿Qué tan útil considera que puede ser para usted dicha herramienta en el desarrollo del curso de topografía?*



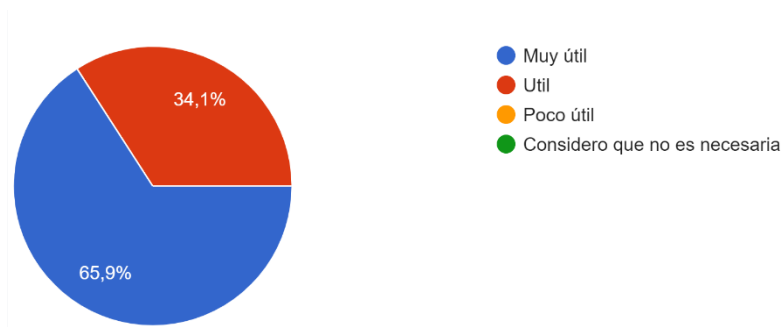
**Figura 9**

*Resultados a la pregunta: Con base a la herramienta ToPy mostrada, califique de 1 a 5 a qué, sencillo e intuitivo puede ser su uso en la asignatura de topografía, siendo 1 muy difícil y 5 muy sencillo.*



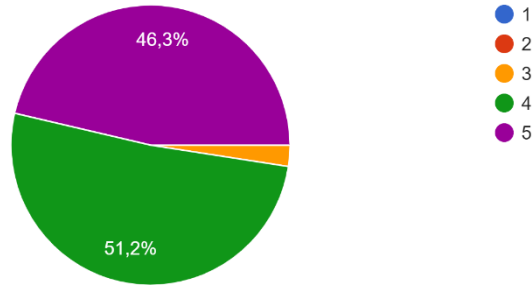
**Figura 10**

*Resultados a la pregunta: Con base a la herramienta ToPy mostrada, ¿Qué tan útil considera que pueda ser para EL PROFESOR dicha herramienta en el desarrollo del curso de Topografía?*



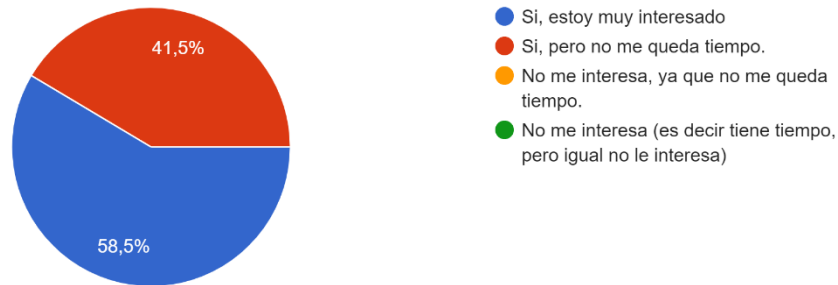
**Figura 11**

*Resultados a la pregunta: Califique de 1 a 5 la herramienta ToPy de acuerdo a la importancia de su uso en el ámbito académico. (Siendo 1 poco importante y 5 muy importante.*



**Figura 12**

*Resultados a la pregunta: ¿Estaría interesado en profundizar (o iniciar) en conocimientos de programación para aplicar en otras asignaturas de su carrera?*



**Apéndice C. Evidencias de toma de encuestas de apreciación.**

**Figura 13**

*Fotografías tomadas en la toma de la encuesta de apreciación.*

