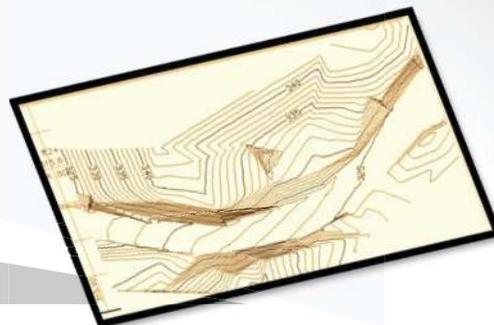


## Procedimiento metodológico para la cubicación de volúmenes de tierra en proyectos de obras viales utilizando las TIC

### Methodological procedure for the cubing of land volumes in road works projects using ICT



**Luis David Céspedes Domínguez<sup>1</sup>, Manuel Pedroso Martínez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniero Civil. Profesor Instructor del Departamento de Construcciones, Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Matanzas. Autopista a Varadero km 3½ Matanzas 44740, Cuba. Teléfono: +53 54122340 [luisdavid.cespedes@nauta.com.cu](mailto:luisdavid.cespedes@nauta.com.cu) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8291-6589>

<sup>2</sup>Ingeniero Civil y Doctor en Ciencias. Profesor Auxiliar y Jefe del Departamento de Construcciones de la Facultad de Ciencias Técnicas. Coordinador de la carrera Ingeniería Civil en la Universidad de Matanzas. Autopista a Varadero km 3½ Matanzas 44740, Cuba. Teléfonos: +53 53696326 o +53 59947059 (corporativo) [manuel.pedroso@umcc.cu](mailto:manuel.pedroso@umcc.cu) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9767-9379>

#### RESUMEN

Las cubicaciones de volúmenes de tierra se consideran una partida importante en el diseño geométrico de explanaciones para la construcción de obras viales e influyen tanto en el proceso de planificación como en el plazo de la obra. Ello representa un elemento relativamente complejo, para cuya solución se han creado programas informáticos en conjunto con el avance cada vez más acelerado de las TIC. El presente artículo tiene como objetivo desarrollar un procedimiento metodológico para la cubicación de volúmenes de tierra en proyectos de obras viales utilizando las TIC, para solucionar problemas profesionales desde la docencia. Para el cumplimiento del objetivo se escoge el software AutoCAD Land Desktop, un programa informático concebido de módulos y herramientas para el desarrollo de proyectos, tanto en la planificación como para el control de las fases constructivas. Se ofrece una vía de trabajo más confiable, óptima y segura en la que los estudiantes se pueden apoyar para su desempeño en la ejecución de los proyectos más exigentes. Se analizan diferentes criterios de varios autores con relación al tema y se explica de manera detallada cada uno de los pasos a seguir para aplicar el procedimiento metodológico descrito hasta lograr la tabla de volúmenes de suelo. La importancia de comprender cada uno de los aspectos tratados, radica en complementar las fases de diseño y ejecución con ayuda de las TIC, cuyo caso presentado corresponde a una forma moderna de cubicar masas de suelo para obras viales.

**Palabras claves:** cubicación, obras viales, procedimiento metodológico, TIC, volúmenes de tierra

#### ABSTRACT

Earth volume measurements are considered an important item in the geometric design of earthworks for road construction and influence both the planning process and the construction schedule. This represents a relatively complex element, for the solution of which software has been developed in conjunction with the increasingly accelerated advancement of ICT. The objective of this article is to develop a methodological procedure for the cubing of earth volumes in road works projects using ICT, in order to solve professional problems from the teaching point of view. The AutoCAD Land Desktop software, a computer program designed with modules and tools for the development of projects, both in the planning and in the control of the construction phases, was chosen to meet the objective. It offers a more reliable, optimal and safe way of working on which students can rely for their performance in the execution of the most demanding projects. Different criteria of several authors are analyzed in relation to the subject and each of the steps to be followed to apply the methodological procedure described until the land volume table is achieved is explained in detail. The importance of understanding each of the aspects discussed lies in complementing the design and execution phases with the help of ICT, whose case presented corresponds to a modern way of cubing land masses for road works.

**Keywords:** cubing, road works, methodological procedure, ICT, land volumes

**Nota Editorial:** Recibido: agosto 2021; Aceptado: septiembre 2021

## 1. INTRODUCCIÓN

Cada vez es más evidente el avance acelerado de la ciencia y la tecnología, puestas a disposición del desarrollo de nuevas visiones integradoras, soluciones basadas en los diseños educacionales más óptimos y novedosos, y en la aplicación de habilidades estratégicas para el logro de resultados creativos y competitivos. Su enseñanza integrada es un tema que en los últimos años ha cobrado gran importancia, y aunque si bien es cierto que la técnica ha existido sin ciencia, no se puede pasar por alto el hecho de que complementadas han ayudado a cambiar la visión tradicional que se ha tenido de ambas como conceptos independientes.

La educación tecnológica es un aspecto imposible de ignorar en los tiempos actuales, donde la tecnología está jugando un importante papel en el desarrollo científico-educativo mediante las relaciones con la ciencia y la sociedad. Autores como Cortés [1], Fainholc [2], Domínguez et al. [3], Campos [4] y Granda et al. [5], coinciden en sus investigaciones que no solo es importante incluir la dimensión tecnológica en el contexto escolar, pues además consideran otras dimensiones como la didáctica, la epistemológica y la social; dimensiones que son aplicables a una educación científica destinada a todas las personas, vayan a ser o no profesionales de la ciencia o la ingeniería en el futuro.

La enseñanza de las ciencias, y en este caso de las técnicas, siempre ha sido un proceso complejo por la gran cantidad de términos y conceptos que se manejan en dicha área, por lo que ha sido inevitable no incorporarle la utilización de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) como herramienta de apoyo para la enseñanza [6, 7]. Esto no solo supone la utilización de la tecnología en la educación científica, lo cual es un aspecto interesante pero muy limitado al tema que se plantea, sino convertirla además en una herramienta de enseñanza para el profesor y un medio de aprendizaje para el estudiante.

En este sentido cabe destacar el destacado papel jugado por las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la carrera Ingeniería Civil, donde es fácil identificar con su aplicación, la generación de elementos de mejora de dicho proceso válidos en los diversos escenarios de desempeño de la profesión. Pero, según Mesa [8], la inclusión de las TIC en esta rama de la ingeniería no ha sido sencilla, principalmente por la falta de preparación del profesorado en el manejo de estas y la escasez de materiales curriculares e instrumentos de aplicación y evaluación adecuados. Existen numerosas críticas a la preparación inadecuada en TIC de los futuros profesionales que se forman en las universidades [9-12]; a estas críticas se puede responder con la incorporación de forma natural de estrategias que integren elementos de TIC y habilidades informáticas básicas en asignaturas concretas del plan de estudio.

Es válido destacar entonces, que actualmente existen a disposición de profesionales y estudiantes de Ingeniería Civil, diversas herramientas informáticas y tecnológicas que permiten hacer representaciones concretas del mundo real. Esto hace que se pueda comprender con mucha más precisión diseños que, por su compleja naturaleza, antes eran difíciles de entender por métodos manuales. Ya es posible modelar procesos y elementos, organizar de mejor modo las actividades, lograr proyectos con mejor calidad, optimizar los trabajos mecanizados de gran envergadura, etcétera; y no deja de verse beneficiada con esto, una de las ramas más complejas en las que se desempeñan los ingenieros civiles alrededor del mundo: la construcción de obras viales, la que supone en ocasiones una modificación sustancial del terreno.

El proyecto de una obra vial tiene como objetivo el desarrollo y acreditación del conjunto de conocimientos y habilidades adquiridos por los estudiantes de la carrera Ingeniería Civil en las materias de Topografía, Dibujo Aplicado, Computación, Hidráulica Aplicada, Geotecnia, Diseño Geométrico de Carreteras, Ingeniería de Tránsito, Maquinaria de Movimiento de Tierra, Explanaciones, Pavimentos, Puentes y Alcantarillas y Conservación de Carreteras, entre otras, desde el punto de vista del enfoque interdisciplinario y transdisciplinario que facilita al estudiante dar solución a problemas ingenieriles asociados a la proyección de obras viales. Y es precisamente esta interrelación de contenidos, lo que implica la gran complejidad de desarrollar proyectos viales por métodos manuales y sin la ayuda de las TIC.

La inclusión de las TIC para la construcción de vías de comunicación terrestre, ha posibilitado entre otros tantos beneficios, una mejor cuantificación de los volúmenes de trabajo generados en los movimientos de tierra y facilitado los diseños geométricos más novedosos para los proyectos de terraplenes ubicados en zonas con condiciones topográficas e hidrogeológicas exigentes. Depende de la exactitud de las cubicaciones térreas a excavar, rellenar y acarrear, las programaciones en tiempo de las obras, los presupuestos y las certificaciones de los volúmenes ejecutados.

Los cálculos de los volúmenes de trabajo o cubicaciones de tierra de las obras viales, consisten en esencia, en

la determinación de la cantidad o magnitud de los diferentes trabajos que se han de realizar en cada una de las actividades necesarias que deben tener lugar para la construcción de estas obras. Ello supone la variación o modificación topográfica con vistas a adaptarla al proyecto ejecutivo previamente confeccionado, empleando para dicho fin las diversas maquinarias de construcción existentes y procurando el menor impacto medioambiental posible [13].

Para dichas actividades se encuentra jugando un papel determinante, el empleo de herramientas y programas informáticos que abarcan diversas áreas de las ciencias básicas (Matemática, Física, etcétera) y que incluyen además la modelación de esquemas tridimensionales para facilitar una mejor visualización de las diferentes secciones que conforman el objeto de obra. Es tal la ventaja de su empleo, que incluso muchos de ellos no requieren de profundos conocimientos computacionales y topográficos, pues las herramientas específicas pueden facilitar las cubriciones más complejas en este sentido, demostrándose las ventajas comparativas con procedimientos tradicionales. Otros combinan productos y servicios de hardwares y softwares para formar soluciones completas que se adapten a cada flujo de trabajo. Algunos ejemplos dentro de los más empleados actualmente son: SISTEMAT, ERPs, MAGNET Project, gsBASE, Civil 3D, Softdesk, Softcar, AutoCAD Land Desktop o Acad Land, entre muchos otros.

En el presente artículo se desarrolla un procedimiento metodológico para la cubrición de volúmenes de tierra en proyectos de obras viales utilizando las TIC, para solucionar problemas profesionales desde la docencia. Se escoge el software AutoCAD Land Desktop, una herramienta informática que en su última versión incluye conjuntos de módulos específicos de la industria, una experiencia de conexión mejorada en todas las plataformas con el servicio de almacenamiento en la nube y nuevas automatizaciones como, por ejemplo, el recuento geométrico e historial de dibujo. La selección del programa se basa en las ventajas que presenta con respecto a los métodos manuales y a otros programas informáticos utilizados para estas actividades, pues aporta mayor exactitud y precisión en sus resultados permitiendo mejor cuantificación de los volúmenes de trabajo y optimización en el traslado y acarreo de material, lo que influye directamente en la obtención de matrices de costes consecuentes con la propia capacidad de construcción.

En el apartado que sigue se asientan las bases teóricas, se aborda lo relacionado a un proyecto vial mencionándose las recomendaciones a tener en cuenta en el diseño previo de la estructura de tierra y se definen las fases del ciclo de vida de estas obras de construcción civil. Posteriormente se desarrolla por pasos el procedimiento metodológico para la cubrición de volúmenes de tierra, mediante el que se define en primer lugar la configuración del programa, se determina el alineamiento horizontal, se importan los puntos al programa, se modela digitalmente el terreno, se definen las curvas de nivel, el trazado del perfil longitudinal y las secciones transversales, y finalmente se llenan las tablas volumétricas teniendo en cuenta el tipo de material regente en la zona de emplazamiento. Lo novedoso de la investigación se sustenta en la aplicación del software a la docencia como herramienta útil para solucionar problemas profesionales relacionados directamente a los proyectos viales.

## 2. DESARROLLO

En el campo de las ciencias técnicas se encuentra multitud de aplicaciones de diversas herramientas informáticas en problemas prácticos reales. Es por esto que la formación computacional es de vital importancia en los primeros cursos de los estudios de las carreras técnicas. Sin embargo, resulta difícil motivar el aprendizaje de unas herramientas complejas para las cuales los estudiantes no conocen muchas de sus aplicaciones prácticas, lo cual resulta un escollo para la didáctica de esta materia en las universidades.

La carrera de Ingeniería Civil en su afán por lograr un desarrollo cada vez más acelerado dentro de su amplio campo de aplicación profesional, ha aprovechado sin límites el uso de la tecnología para alcanzar altos estándares en referencia a los diseños más novedosos dentro de las construcciones más exigentes y en los proyectos de explanaciones para obras viales que requieren numerosos movimientos de tierra, donde se deja ver inevitablemente esta afirmación.

Durante las etapas de la evolución histórica de la tecnología empleada en los movimientos de tierra, comenzadas a desarrollarse desde a.n.e (etapa no tecnológica) hasta la actualidad, se han tratado de superar los elementos que han supuesto dificultades en la ejecución de trabajos con alto grado de complejidad. Orta [14] señala la importancia de no negar en la etapa moderna los avances logrados en las anteriores.

Los movimientos de tierra se clasifican en: conformaciones, explanaciones y mixtos, cada uno dependiendo del tipo de modificación topográfica realizada en el terreno. Las explanaciones comprenden un grupo de actividades que producen grandes modificaciones para llegar al nivel de diseño de la sub rasante, mediante el empleo de

maquinaria pesada tal como: topadoras, grúas excavadoras, cargadores frontales, mototraíllas, volquetes, rodillos, motoniveladoras, etcétera, cuyas funciones y rendimientos son analizados en estudios previos a su selección según la magnitud de los trabajos. Le antecede a ello, la ejecución en trabajos de campo para poder indicar claramente a los ingenieros de producción y a los operadores de maquinarias los sitios por donde atraviesa la vía y los niveles a los cuales deben regirse para construir los rellenos o cortes [15].

Pero para lograr un proyecto geométrico vial acorde a las exigencias de la obra, se debe tener en cuenta una serie de recomendaciones que garanticen la racional distribución térrea en este tipo de construcciones, ya sea mediante métodos manuales o empleando herramientas informáticas. En este sentido Orta [14] propone las siguientes:

- ubicar la terraza o explanada adecuadamente: para ello deben situarse en zonas altas con buen drenaje, definiendo una rasante que evite inundaciones y el seguro acceso y explotación de la explanada durante todas las épocas del año; donde exista la posibilidad de compensación de los volúmenes de tierra a mover para así minimizar sus costos de construcción, por ejemplo: en las laderas de elevaciones o montañas, sobre partidores, etcétera.; ubicarlas donde se logre la mínima afectación ambiental (no se obstruya el drenaje natural, se minimice la afectación a la flora y la fauna y otros factores), se eviten las afectaciones a edificaciones existentes y los problemas legales de posesión del área;
- diseñar las dimensiones adecuadas del área de la superficie de la explanada para que esté de acuerdo con la función que esta desempeñará, es decir, un área no tan pequeña que dificulte la movilidad hacia y entre los objetos de obra ubicados en la misma durante su construcción, ni tan grande que atente contra la economía en su construcción; perpendiculares al viento predominante para hacer posible la ventilación cruzada en las edificaciones que sobre ellas se construyan;
- garantizar durante su diseño y construcción que la explanada o terraza posea un eficiente sistema de drenaje, para evitar la saturación de los rellenos, las afectaciones por erosión, inestabilidad de taludes, etcétera; por consiguiente la superficie de la explanada o terraza debe tener pendientes entre 0,5 y 2,0%, para evitar la erosión del agua pluvial y diseñar los dispositivos de drenaje necesarios como contracunetas, cunetas al pie de los taludes en la zona en corte y otros que canalicen al agua pluvial de manera rápida y sin consecuencias negativas;
- cumplir con las normas y regulaciones constructivas vigentes, para lograr la necesaria y pactada calidad de los trabajos de movimiento de tierras que se han de realizar.

La correcta cubicación volumétrica de suelo, lograda con el cumplimiento de los elementos anteriormente definidos, incide en que cada una de las fases por las que invariablemente atraviesa el ciclo de vida de una obra vial, se ejecute bajo márgenes de irregularidades considerablemente bajos. El empleo de las TIC es útil en los proyectos viales no solo para los cálculos de movimientos de tierra, sino también en cada una de esas fases por las que atraviesa, definidas por Mesa [8] como:

#### 1- Concepción o ideas conceptuales:

- se realizan los estudios e investigaciones previas (topográficas, principales fenómenos geológicos de interés y estudio de las propiedades físico mecánicas de los suelos, hidrológicas, hidráulicas, de tránsito, climatológicas, de impacto ambiental, sociológicas, legales, entre otras); de acuerdo a la importancia de la obra se realizan en mayor o menor número, profundidad y extensión dichos estudios e investigaciones;
- se analizan las ventajas y desventajas de las posibles alternativas de proyecto a nivel de ideas conceptuales, se identifican los recursos humanos, materiales y financieros requeridos para la ejecución de la variante idónea y se define la vialidad técnica, ambiental y económica de la alternativa de proyecto.

#### 2- Definición:

- se realiza el proyecto geométrico de la explanación donde se define el trazado en planta, se diseña el perfil longitudinal y las secciones transversales, asegurando mínimo impacto ambiental y la mayor durabilidad y economía posible, y se diseñan los dispositivos del sistema de drenaje superficial y/o soterrado;
- se diseña y/o revisa geotécnicamente la explanación teniendo en cuenta el aseguramiento de la debida estabilidad y resistencia ante las acciones exteriores de la estructura de la explanación, es decir: taludes y posibles medidas para su protección ante la erosión, desprendimientos, deslizamientos, etcétera.;

asentamientos en las secciones críticas y en caso necesario definición de las medidas para su corrección; ejecución y control de la calidad de la compactación de los suelos de la estructura de tierra que sustentará a la vía que se diseña.

### 3- Implementación:

- se preparan técnicamente y organizan los trabajos mediante el proyecto ejecutivo de organización de las explanaciones y la presupuestación de los trabajos;
- se ejecuta la construcción de la obra incluyendo la pavimentación, el sistema de drenaje de la misma, se controla la calidad de realización de los trabajos, se garantiza la minimización de los impactos ambientales durante la construcción, se controla y supervisa del avance físico y del presupuesto aprobado;
- se comienza con la explotación del vial una vez concluido y se definen procedimientos para la conservación (mantenimiento y reparaciones) necesarias para alargar al máximo su vida útil.

### 4- Desactivación:

- se lleva a cabo el cierre al tránsito, las demoliciones necesarias, la restauración de los impactos ambientales y la definición de las experiencias positivas y negativas de la obra.

No solo la relación interdisciplinaria que supone un proyecto vial complejiza su desarrollo, pues se deja ver en las definiciones anteriores que las fases de su ciclo de vida incluyen muchos pasos que resultarían demasiado engorrosos lograr sin un previo apoyo en los softwares concebidos hoy para dichos propósitos. Tal es el caso del cálculo de los volúmenes de suelo a mover durante la ejecución de la estructura de tierra que servirá de apoyo al vial.

Situaciones prácticas han demostrado que la construcción de explanaciones para obras viales (terraplenes y pedraplenes) utilizando herramientas informáticas, se ejecuta de la manera idónea y con mayor eficiencia y eficacia en su control, ganando mayor calidad en cada uno de los trabajos que se acometen: excavación, carga, transporte, humectación, extendido, descarga y compactación [16-20].

Para el diseño geométrico de las explanaciones es necesario cubicar o calcular los volúmenes o cantidades de trabajo de estas obras de tierra. Existen para ello los métodos manuales, clasificados por Guevara [16] en exactos y aproximados pues considera que la exactitud de estos cálculos en los trabajos de movimientos de tierra es un concepto relativo donde, generalmente, la magnitud absoluta del error relativo ( $\Delta R$ ) es despreciable cuando se compara con los enormes volúmenes de trabajo. Su clasificación trata de ajustarse a las distintas etapas de proyecto: proyecto técnico (donde deben usarse los aproximados) y ejecutivo (donde deben ser usados los clasificados como exactos). Muchos de estos procedimientos de cálculo no brindan por lo general gran precisión, por lo que se limitan solamente a ser usados en tanteos preliminares al nivel de anteproyecto, para tener una noción inicial de los volúmenes de tierra a mover en cada variante de proyecto.

En la actualidad estos cálculos se efectúan con auxilio de programas de computación como los mencionados anteriormente, pero es muy conveniente que el ingeniero civil sepa realizar los cálculos de manera manual, con la mayor exactitud posible, por ser tan necesarios en las etapas de programación, de presupuestación y en la de certificación de los volúmenes de trabajo realizados en las obras; también para explotar conscientemente los programas y herramientas computacionales, no usándolos como “cajas negras”; haciendo posible el perfeccionamiento de dichos programas al saber en qué se basan.

Para las distintas actividades de las explanaciones se emplean variadas unidades de medida del SIU (Sistema Internacional de Unidades) para expresar la magnitud de dichos cálculos, siendo los más usuales los que se especifican en la Tabla 1 mostrada a continuación:

**TABLA 1: UNIDADES DE MEDIDA MÁS COMUNES EMPLEADAS EN LAS DISTINTAS ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO EN LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLANACIONES PARA OBRAS VIALES**

| Orden | Denominación de la labor o actividad.  | U.M.                                      |
|-------|--|---|
| 1     | Replanteo preliminar.  | m y # de estacas cada 50 m                |
| 2     | Demolición de elementos estructurales en el área o faja de la obra (en caso de existir).                       | m <sup>3</sup>                            |
| 3     | Desobstaculización (en caso de existir).   | u   |
| 4     | Desmante o tala de árboles.  | u (árboles con $\varnothing \geq 0,30$ m) |
| 5     | Desbroce de vegetación.  | m <sup>2</sup>                            |
| 6     | Replanteo definitivo.  | m y # de estacas cada 20 m                |
| 7     | Descortezado o eliminación de la capa vegetal y de transición (si fuese necesario).                            | m <sup>3</sup> naturales                  |
| 8     | Excavación en explanaciones (con o sin transporte horizontal).   | m <sup>3</sup> naturales                  |
| 9     | Excavación o apertura de los dispositivos del sistema de drenaje (cunetas, contra cunetas, canales, etcétera.) | m o m <sup>3</sup> naturales              |
| 10    | Compensación de tierras (longitudinales y transversales o a media ladera).                                     | m <sup>3</sup> compactados                |
| 11    | Construcción de rellenos en los terraplenes, terrazas, etcétera, desde préstamos laterales.                    | m <sup>3</sup> compactados                |
| 12    | Recubrimiento de taludes con capa vegetal.   | m <sup>3</sup> compactados                |
| 13    | Perfilado de taludes en corte y relleno.   | m <sup>2</sup>                            |
| 14    | Reapertura de cunetas al pie de los taludes en corte.  | m o m <sup>3</sup>                        |
| 15    | Perfilado de la corona de terraplenes o superficie de explanadas.  | m <sup>2</sup>                            |
| 16    | Recubrimiento de taludes con suelo vegetal.  | m <sup>3</sup> compactados                |

De esta forma se expone el procedimiento metodológico para cubicar los volúmenes de movimientos de tierras mediante el programa informático AutoCAD Land Desktop, pero antes se explica brevemente la forma de calcular a través de un método manual para finalmente establecer las comparaciones pertinentes en los resultados alcanzados:

Primeramente, se determina el alineamiento horizontal donde se comienza con el trazo preliminar o teórico pasando por puntos obligados, para luego definir el alineamiento real. Posteriormente se calcula el perfil longitudinal efectuándose medidas equidistantes a lo largo de la alineación para obtener la nivelación longitudinal materializando puntos cada 20 metros o como sea necesario, el inicio del alineamiento tendrá una medida de 0+000 y la medida final será de 0+120 metros.

Para determinar la línea de subrasante se calculan las curvas verticales en función de la diferencia algebraica (D) de las pendientes por enlazar, además es condición indispensable que tanto el PCV y el PTV sean equidistantes en su proyección horizontal del PIV.

Para el cálculo de volumen de las secciones transversales se cubican de acuerdo al método que se decida emplear según la etapa en la que se encuentre el proyecto (métodos aproximados: Compás, cota roja media; métodos exactos: prismoide, media de las secciones extremas, secciones, cuadrículas).

### **1.1 Procedimiento metodológico para la cubicación de volúmenes de tierra utilizando AutoCAD Land Desktop**

AutoCAD Land Desktop es un programa producido por la compañía Softdesk, con herramientas para el desarrollo de proyectos, tanto en el ámbito de planificación como para el control de la fase constructiva. Es un programa que consta de varios módulos o herramientas, los cuales abarcan las áreas de geometría, generación digital de modelos tridimensionales (DTM), cálculo y diseño geométrico de carreteras (DESIGN). Se trata de un software gratuito, por lo que su uso se ha generalizado y se encuentra en un proceso constante de actualización al introducir continuas mejoras.

Para efectos de realizar ejercicios prácticos durante la docencia, vinculados a esta temática, y poder describir por

pasos el funcionamiento del programa AutoCAD Land Desktop, se explica a continuación el procedimiento metodológico que servirá de apoyo a los estudiantes de Ingeniería Civil para solucionar problemas profesionales durante su formación:

- 1) Configuración del programa: Se emplea el Project Manager para crear un proyecto desde el comando de creación de proyectos y se selecciona el ícono "Create Project" donde se despliegan los cuadros de diálogo correspondientes. Seguidamente se realiza la configuración de unidades de medidas teniendo en cuenta el (SI), donde se selecciona el sistema de medidas y la clase de ángulos (azimuts) a utilizar, se definen las escalas a usar en el proyecto y el estilo de texto. Una vez realizadas las configuraciones se procede a dibujar la línea de la carretera con respecto a todos los datos de la libreta topográfica de línea central.
- 2) Importación de puntos al programa: Se elige el sistema de planos acotados donde cada punto de la superficie puede representarse mediante su proyección sobre el plano y su altura o elevación (cota). Existen varias pestañas en el cuadro de diálogo (Create, Insert, Marker) que deben ser editadas dentro del mismo. Una vez realizada la configuración necesaria se procede directamente a importar los puntos al programa. Después de hacer esto, el programa comienza a cargar la información, y a la vez crea los layers de puntos, descripciones y elevaciones en la libreta topográfica digital del programa, mostrada en la Figura 1.

|    | Y           | X           | Z           | Descripción |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1  | 1588775.07  | 699349.198  | 230.783     | B-90        |
| 2  | 1588793.68  | 699149.984  | 237.117     | B-91        |
| 3  | 1588776.45  | 699340.4716 | 230.7743323 | S. BANQ.    |
| 4  | 1588777.471 | 699339.4102 | 230.7556312 | S. BANQ.    |
| 5  | 1588777.137 | 699331.9293 | 230.7481285 | S. BANQ.    |
| 6  | 1588776.163 | 699331.0309 | 230.7022056 | S. BANQ.    |
| 7  | 1588786.882 | 699330.5797 | 230.728931  | S. BANQ.    |
| 8  | 1588785.92  | 699331.5743 | 230.7289966 | S. BANQ.    |
| 9  | 1588786.255 | 699339.0519 | 230.7508653 | S. BANQ.    |
| 10 | 1588787.255 | 699340.1201 | 230.7579936 | S. BANQ.    |
| 11 | 1588787.223 | 699340.176  | 230.5388339 | P. BANQ.    |
| 12 | 1588786.178 | 699339.1253 | 230.558062  | P. BANQ.    |
| 13 | 1588785.809 | 699331.4394 | 230.53619   | P. BANQ.    |
| 14 | 1588786.818 | 699330.4935 | 230.5181533 | P. BANQ.    |
| 15 | 1588776.512 | 699340.5731 | 230.5243467 | P. BANQ.    |
| 16 | 1588777.53  | 699339.4469 | 230.5666526 | P. BANQ.    |
| 17 | 1588776.148 | 699330.896  | 230.4411018 | P. BANQ.    |
| 18 | 1588777.239 | 699331.8668 | 230.4903426 | P. BANQ.    |
| 19 | 1588776.365 | 699340.81   | 230.5172216 | S. ALETON   |
| 20 | 1588775.994 | 699340.5242 | 230.4965052 | S. ALETON   |
| 21 | 1588776.064 | 699330.9214 | 230.5068115 | S. ALETON   |
| 22 | 1588775.766 | 699331.2042 | 230.4820472 | S. ALETON   |
| 23 | 1588773.553 | 699343.6567 | 228.3359175 | S. ALETON   |
| 24 | 1588773.376 | 699343.3103 | 228.3965713 | S. ALETON   |
| 25 | 1588773.396 | 699343.1065 | 226.9428967 | P. ALETON   |

FIGURA 1: LIBRETA TOPOGRÁFICA DIGITAL

Cada uno de los datos que se muestran en la libreta de topografía digital ha sido obtenido de una estación total y que además se determina en campo. Los datos corresponden a puntos, determinando valores de coordenadas en Y norte, X este, y Z elevación. Cuyos datos más adelante se procesaran para determinar con ellos curvas de nivel.

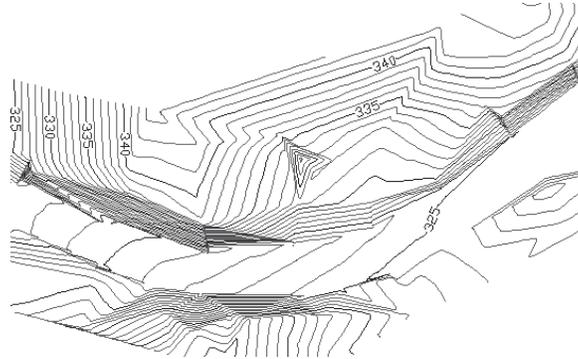
Además de obtener la topografía lo siguiente es el proceso de importar puntos. Luego de importar los puntos hay un procedimiento a seguir, que es el chequeo de la información obtenida. Los puntos se dibujan en un plano cartesiano ubicando en cada uno de ellos sus coordenadas respectivas, tanto en planimetría como altimetría para poder modelar un sistema tridimensional donde muestra el proceso para realizarlo en el programa de AutoCAD Land Desktop.

Para la interpolación topográfica en el programa se determinan los valores que alcanzan la variable Z en el conjunto de puntos definidos por el par de coordenadas (X, Y), partiendo de los valores de Z medidos con topografía en la muestra de puntos situados en la misma área de estudio. Posteriormente se avanza con la generación de la superficie o triangulación del modelo del terreno para generar información. La superficie o triangulación es importante porque esto permite que el programa pueda generar curvas de nivel correspondientes a la topografía en estudio. El proceso de interpolación se realiza por medio de unión de los puntos utilizando las líneas, formando así un modelo en tres dimensiones, que además es un proceso que el programa hace automáticamente; esta es una de las ventajas que se permite a los usuarios, donde se muestra el proceso para realizarlo por medio de Land.

- 3) Curvas de nivel: Lo que procede es crear las curvas de nivel, las distancias a las que se sitúen los planos horizontales son las que determinan los intervalos verticales entre las curvas, que pueden ser fijos o variables. El nivel cero corresponde al nivel del mar o línea de costa. La altitud de los otros planos suele corresponder a cifras redondeadas. Las curvas de nivel son útiles para analizar un terreno y así definir si la

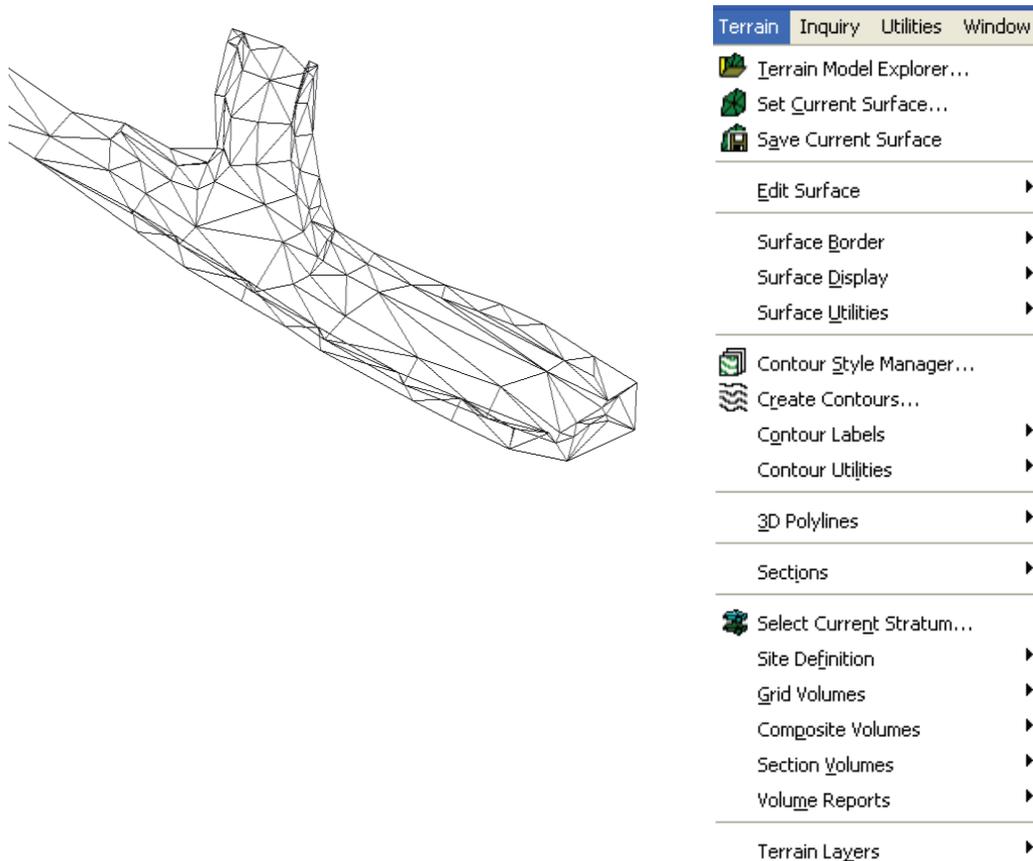
región es montañosa o plana.

Para elaborar las curvas de nivel en el programa, se sigue la ruta descrita en el cuadro de diálogo correspondiente a este paso, donde además se muestra su configuración. El resultado son curvas de nivel dibujadas en un plano de coordenadas con su correspondiente elevación por cada curva, mostradas en la Figura 2. Dicho trabajo se guarda escribiendo en la línea de comandos QSAVE.



**FIGURA 2: CURVAS DE NIVEL**

- 4) Modelación digital del terreno: Menú "Terrain": AutoCAD Land Desktop crea una malla de triángulos irregulares en tercera dimensión (3D), cuyos vértices representan los puntos topográficos o los vértices de las curvas de nivel digitalizadas. Primero se calculará la malla, luego se usan los comandos que permiten visualizar la superficie en tercera dimensión y se calculan las curvas de nivel. Este programa tiene todas las herramientas relativas para modelar un terreno en una ventana de nombre "Terrain Model Explorer", la que permite mayor comodidad para trabajar y para mantener el orden, el comando que abre esta ventana se encuentra en el menú "Terrain". La ruta para ver el menú de terreno se muestra en la Figura 3.



**FIGURA 3: RUTA PARA VER EL MENÚ DE TERRENO**

- 5) Alineamiento horizontal: El eje o alineamiento horizontal es importante para definir el perfil de la carretera, para generarlo en la base de datos del programa. Luego de haber dibujado la línea central del proyecto se procede a generar el estacionamiento correspondiente al eje. Se crean las tangentes y curvas una vez definido el eje carretero del alineamiento horizontal, el que se diseña con el comando Line. Este trabajo se puede facilitar y visualizar mejor si se apagan algunos layers. El diseño se hace seleccionando el comando fillet para posteriormente definir el alineamiento horizontal con las órdenes mostradas en los cuadros de diálogo correspondientes. Luego se efectúa el rotulado del alineamiento siguiendo la ruta de configuración de etiquetas y como resultado se obtiene el trazado de la línea central del proyecto.
- 6) Perfil longitudinal: El perfil longitudinal es un corte que se realiza a lo largo de eje de la carretera, mostrando los accidentes del terreno, en el cual se hacen los trazos de diseño vertical que son propios del proyecto. El perfil longitudinal del alineamiento horizontal se elabora en el menú perfiles así de esta manera se elige la superficie que anteriormente fue creada. En la configuración para el trazo del perfil aparecen varios parámetros que sirven para generar un perfil del terreno natural (Station increments, Sight distance values). Una vez realizadas todas las configuraciones se procede a dibujar el perfil o corte del terreno con sus respectivas tangentes verticales.

Los niveles de subrasante son importantes en términos constructivos, ya que son los niveles finales que deberán trazar en campo por equipos de topografía. Para determinar estos niveles es necesario dibujar sobre el perfil líneas llamadas tangentes a lo largo del trazo, además para poder definir una subrasante no solamente es necesario dibujar tangentes a lo largo del perfil sino que también deben colocarse curvas verticales a lo largo del perfil como se muestra en la Figura 4.

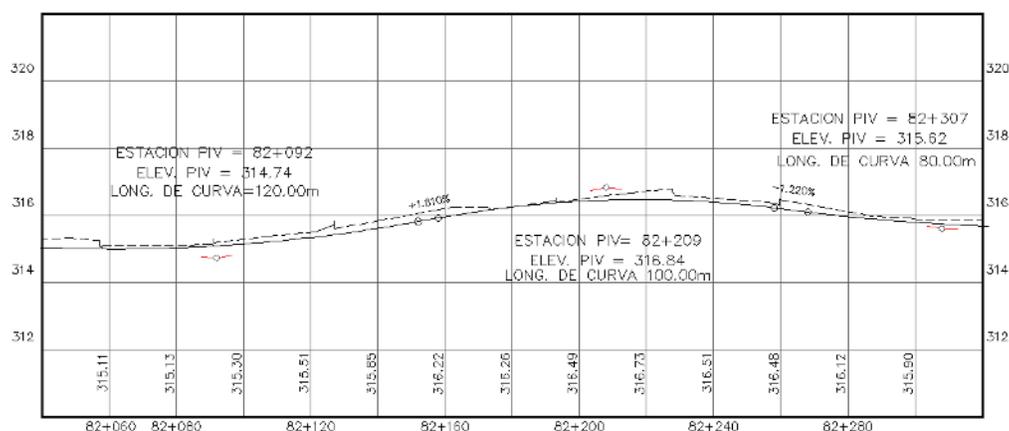


FIGURA 4: PERFIL DEL TERRENO NATURAL Y LÍNEA DE SUBRASANTE DE PROYECTO

- 7) Secciones transversales: Las secciones transversales son cortes perpendiculares a lo largo de todo el eje de la carretera, que sirve para análisis y estudio de movimiento de tierras. A continuación se muestran en la Figura 5 cuatro secciones transversales, las que sirven de ejemplo para el cálculo del volumen. Estas secciones son cortes transversales a lo largo del eje de la carretera y mediante las que se puede apreciar el terreno natural con línea discontinua. Además, en los extremos de la sección se han agregado las elevaciones en la cuadrícula para interpretar gráficamente los rangos de elevación que existen.

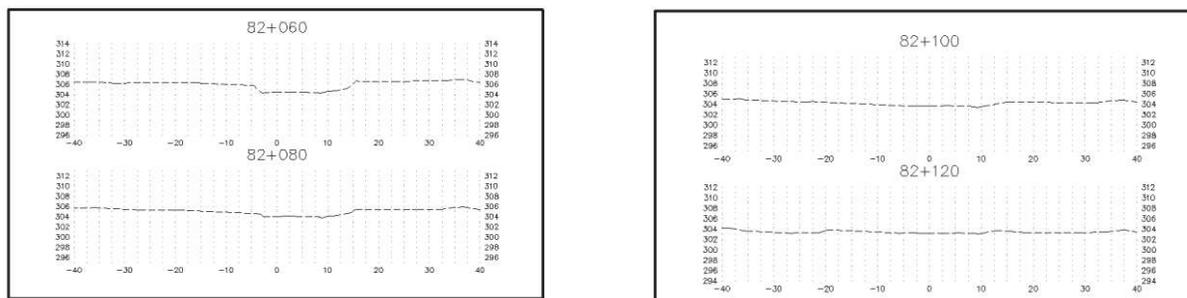


FIGURA 5: SECCIONES TRANSVERSALES

La sección típica se muestra en la Figura 6 y es aquella que es asignada según el tipo de carretera que se está construyendo dado el flujo de movilidad estimado. El primer paso es cambiar al menú Cross Section, luego se crea un nuevo layer y se le coloca un nombre y posteriormente se indican las escalas en las que se generan las secciones transversales para finalmente obtener la sección típica. Luego se definen los puntos en los cuales la sección típica va a tener contacto con el suelo para ir obteniendo el resto de las secciones según se indica en la Figura 6; esto se hace seleccionando con el botón derecho del mouse cada línea de dicha sección que cumple con esta condición (de izquierda a derecha). Se guarda el trabajo escribiendo en la línea de comandos QSAVE. El área que se encuentra entre el terreno natural y la sección típica es el dato que se necesita para calcular los volúmenes de tierra a cubicar.

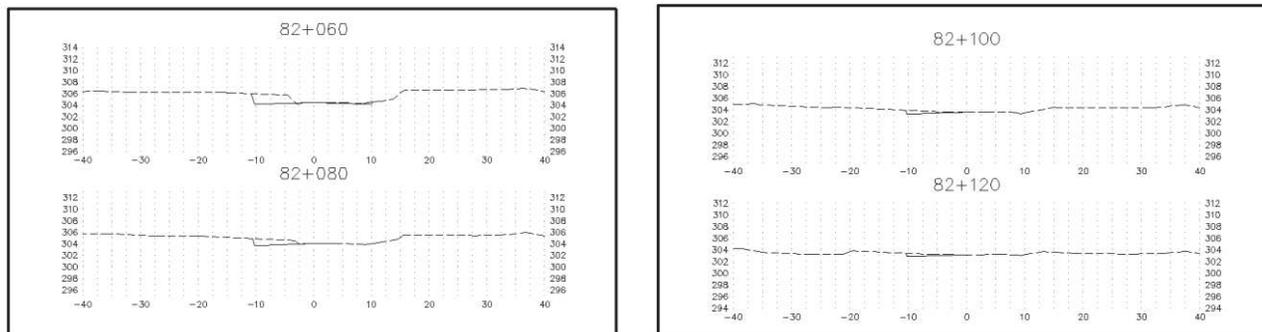


FIGURA 6: SECCIONES TÍPICAS

- 8) Tablas de volúmenes: El volumen de movimiento de tierras, es aquel que se obtiene luego de generar secciones transversales típicas, las que brindan en correspondencia con las alturas respecto al terreno natural, el área a emplear en la cubicación volumétrica de tierra. El método que se utiliza es el Método de áreas medias o promedio de áreas, dicho método se genera utilizando las áreas ya sea de corte o relleno de cada una de las secciones transversales en estudio.

En este caso se obtienen los volúmenes de distintos tipos de material que existen en el proyecto y de esta manera obtener áreas de corte y de relleno en donde sea el caso. Finalmente se genera la tabla de datos que contiene la información de las áreas de corte y relleno, así como los volúmenes de movimiento de tierras, según se muestra en la Tabla 2:

TABLA 2: TABLA DE CUBICACIÓN DE VOLÚMENES DE MOVIMIENTOS DE TIERRA EN UNA EXPLANADA PARA OBRA VIAL

| Estacionado | Área (m <sup>2</sup> ) |         | Volumen parcial (m <sup>3</sup> ) |         | Volumen acumulado (m <sup>3</sup> ) |         |
|-------------|------------------------|---------|-----------------------------------|---------|-------------------------------------|---------|
|             | Corte                  | Relleno | Corte                             | Relleno | Corte                               | Relleno |
| 82+040      | 0.269                  | 1.824   | 5.37                              | 35.93   | 5.37                                | 35.93   |
| 82+060      | 0.268                  | 1.769   | 5.36                              | 37.58   | 10.73                               | 37.58   |
| 82+080      | 0.268                  | 1.989   | 5.26                              | 40.12   | 15.99                               | 40.12   |
| 82+100      | 0.258                  | 2.023   | 5.23                              | 39.13   | 21.22                               | 39.13   |
| 82+120      | 0.265                  | 1.890   | 5.72                              | 36.52   | 26.94                               | 36.52   |
| 82+140      | 0.307                  | 1.762   | 6.45                              | 32.34   | 33.39                               | 32.34   |
| 82+160      | 0.338                  | 1.472   | 6.73                              | 24.39   | 40.12                               | 24.39   |
| 82+180      | 0.335                  | 0.967   | 6.82                              | 13.66   | 46.94                               | 13.66   |
| 82+200      | 0.347                  | 0.399   | 10.09                             | 4.51    | 57.03                               | 4.51    |
| 82+220      | 0.662                  | 0.052   | 20.30                             | 0.55    | 77.33                               | 0.55    |
| 82+240      | 1.368                  | 0.003   | 25.20                             | 0.09    | 102.53                              | 0.09    |
| 82+260      | 1.152                  | 0.006   | 15.04                             | 1.52    | 117.57                              | 1.52    |
| 82+280      | 0.352                  | 0.146   | 7.21                              | 2.46    | 124.78                              | 2.46    |
| 82+300      | 0.369                  | 0.100   | 9.10                              | 1.00    | 133.88                              | 1.00    |
| 82+320      | 0.541                  | 0.000   | 15.56                             | 0.00    | 149.44                              | 0.00    |
| 82+340      | 1.015                  | 0.000   | 27.62                             | 0.00    | 177.06                              | 0.00    |
| 82+360      | 1.747                  | 0.000   | 28.65                             | 0.00    | 205.71                              | 0.00    |
| 82+380      | 1.118                  | 0.000   | 15.01                             | 0.00    | 220.72                              | 0.00    |
| 82+440      | 0.383                  | 0.000   | 3.83                              | 0.00    | 224.55                              | 0.00    |

Antes de pasar a la fase de construcción de las explanaciones para obras viales una vez calculados sus volúmenes, mediante los programas y herramientas computacionales con los que se cuenta actualmente gracias al desarrollo de las TIC, deben organizarse eficientemente los movimientos de tierra o masas de suelo a mover. En caso de lograrse esto, se estaría cumpliendo con la óptima distribución de masas de suelo, en lo que juega un papel importante lograr la máxima economía posible con un mínimo plazo de duración de los trabajos.

La importancia de este procedimiento metodológico, como se ha tratado de hacer ver, es significativa pues está dirigido, partiendo de los saberes y experiencias de los docentes, a facilitar el diseño y ejecución de proyectos viales desde la óptima cubicación de las masas de tierra con las que se trabajan, así como la incorporación de métodos computacionales, dado el desarrollo tecnológico cada vez más acelerado, que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje que en el sistema de educación superior transcurre.

Con el cumplimiento del objetivo de la investigación, se deja ver la función instructiva-educativa que incluye el propósito del procedimiento desarrollado y por ende, vinculado estrechamente al alcance de los objetivos de la escuela cubana en las condiciones y exigencias tecnológicas actuales, que la sociedad y la época actual y venidera demanda.

### 3. RESULTADOS

Se define como resultado principal el elevado nivel de viabilidad y confiabilidad del uso de AutoCAD Land Desktop en proyectos de diseño y construcción de obras viales y en particular en las actividades de movimientos de tierras llevadas a cabo en la construcción de explanaciones, demostrándose así el importante uso de las TIC en esta rama de las construcciones. Al aplicar el procedimiento metodológico descrito en cualquier caso práctico se puede definir claramente el grado de exactitud de los valores volumétricos si se comparan con los obtenidos aplicando cualquiera de los métodos manuales, dejándose ver la facilidad y optimización de tiempo para arribar a resultados.

Con el uso de este programa informático para la cubicación de volúmenes de tierra se logra obtener un mejor registro de las actividades realizadas reduciendo contratiempos que repercuten en la economía de la empresa y mejorando el control de los materiales con los que se trabaja. Además de una forma eficiente, reduciendo los desperdicios y viajes no necesarios que conllevan a sobre costos. Se disminuyen notablemente las pérdidas por mal cálculo de los materiales, tanto por excesos como por sobre costos al transportar cantidades inviables, inferiores a la capacidad de transportación. Se mejora significativamente, además, el control y registro de material utilizado en las actividades cotidianas de la obra, no solo del material de préstamo, sino también del excavado en las brechas el que se puede destinar posteriormente para el llenado de terrazas cercanas. Con este programa se evitan además los reprocesos y posibles errores que se puedan presentar en los cálculos de volúmenes.

Es importante señalar que para la resolución de cualquier caso práctico mediante el procedimiento antes descrito, es necesario el dominio de conocimientos matemáticos, topográficos, de diseño geométrico de obras viales y técnicas para el cálculo de movimiento de tierra. El conocimiento del funcionamiento del programa, le proporciona al profesional de Ingeniería Civil herramientas para hacer un trabajo de mejor calidad y por consiguiente tener mejor oportunidad de empleo. La principal desventaja del uso de sistemas de computación en el cálculo de movimiento de tierra, es la inversión inicial de licencias, equipo de computación y capacitación del recurso humano.

### 4. CONCLUSIONES

Como resultado de las experiencias recogidas por los autores y la consulta a referentes bibliográficos acerca del tema que se investiga, se desarrolló un procedimiento metodológico para estudiantes de Ingeniería Civil que les permitan resolver problemas de la docencia mediante el empleo de las TIC, en cuanto a cubicación de masas de tierra en proyectos de obras viales, sirviendo a su vez de ejemplo para la elaboración de los procedimientos metodológicos en el resto de los proyectos de otras ramas de la profesión.

Se tomó en consideración el criterio de los estudiantes y profesores del departamento docente de Construcciones de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Matanzas, acerca de la implementación del procedimiento metodológico descrito, llegando a considerarse conveniente su aplicación funcional de modo que se explote adecuadamente el empleo de las TIC, permitiendo a su vez establecer adecuaciones en las formas de evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El procedimiento metodológico será utilizado de forma flexible para elevar la calidad de la actividad docente

tomando en consideración las posibilidades de tenencia de artículos tecnológicos por parte de los estudiantes y del profesor, y las exigencias de los objetivos y de los contenidos de cada clase en particular. De la cabal comprensión a la hora de aplicar el procedimiento metodológico depende, en gran medida, la elevación de la calidad de la clase.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Cortés, “Prácticas innovadoras de integración educativa de TIC que posibilitan el desarrollo profesional docente. Un estudio en Instituciones de niveles básica y media de la ciudad de Bogotá”, Tesis Doctoral en Educación, Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Pedagogía Aplicada, 2016.
- [2] B. Fainholc, “Presente y futuro latinoamericano de la enseñanza y el aprendizaje en entornos virtuales referidos a educación universitaria”, Revista de Educación a Distancia RED, vol. 48(2), pp. 1-22, 2016.
- [3] G. Domínguez, A. Jaén, and M. Ceballos, “Educar la virtualidad”, Revista De Medios y Educación Píxel-Bit, vol. 50, pp. 187-199, 2017.
- [4] H. Campos, “Uso, creencias y actitudes sobre las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje del personal académico de un Centro Público de Investigación. Caso: CIBNOR”, Tesis Doctoral en Educación con Especialidad en Investigación, Universidad Internacional Iberoamericana, Departamento de Ciencias de Lenguaje, Educación y Comunicaciones, Guadalajara, 2018.
- [5] L. Y. Granda, E. E. Espinoza, and S. E. Mayon, “Las TICs como herramientas didácticas del proceso de enseñanza-aprendizaje”, Revista Conrado, vol. 15(66), Versión Impresa ISSN 2519-7320, Versión On-line ISSN 1990-8644, 2019.
- [6] M. D. Fernández, “Modelo educativo emergente en las buenas prácticas TIC”, Revista Fuentes, vol. 18(1), pp. 33-47, 2016.
- [7] M. Villena, and N. Rivas. “Impacto del uso de la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Integral,” Revista Conrado, vol. 15(68), pp. 297-307, 2019. Recuperado de <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>
- [8] M. Mesa, “Empleo de la Modelación para el Diseño de terraplenes altos de carreteras”, Tesis Doctoral en Ciencias Técnicas, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil, La Habana, Editorial Universitaria, 2017, ISBN 978-959-16-3400-9, Recuperado de <http://eduniv.mes.edu.cu>
- [9] F. J. Luque, “Las TIC en la educación: caminando hacia las TAC”, Revista 3C TIC: Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC, vol. 5(4), pp. 55-62, 2016.
- [10] F. Mesa, and A. Forero, “Las TIC en la normativa para los programas de educación superior en Colombia. Revista Praxis & Saber, vol. 7, pp. 91-113, 2016.
- [11] M. Flórez, A. J. Aguilar, Y. K. Hernández, J. P. Salazar, J. A. Pinillos, and C. A. Pérez, “Sociedad del conocimientos, las TIC y su influencia en la educación”, Revista Espacios, ISSN 0798 1015, vol. 38(35), pp. 39-51, 2017
- [12] J. Izquierdo, V. De la Cruz, S. P. Aquino, M. Sandoval, and V. García, “La enseñanza de lenguas extranjeras y el empleo de las TIC en las escuelas secundarias públicas”, Revista científicas Iberoamericana de comunicación y educación Comunicar, vol. 50, pp. 33-41, 2018.
- [13] R. Lima, Y. Morales, G. Arcial, A. Benavides, and J. Rodríguez, “Construcción de explicaciones en Cuba. Logros y deficiencias”, Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 9(2), pp. 1-10, E-ISSN: 1990-8830, Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, Matanzas, Cuba, 2015, Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193948444004>
- [14] P. A. Orta, “Tecnología de construcción de las explicaciones”, Editorial Universitaria Félix Varela, La Habana, Cuba, ISBN 978-959-07-1643-0, 2013.
- [15] R. Moll, E. Tejeda, and F.M Hernández, “Estimación del módulo de elasticidad equivalente a la superficie del conjunto de subbase y subrasante como cimiento para proyectos de reciclado” Revista Carreteras, España, 2017
- [16] F. Guevara, “Análisis y ejecución de Movimiento de tierras en una obra empleando el Diagrama de Masas”, Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Lima, Perú, 2015.
- [17] E. Tejeda, F. M. Hernández, A. Alonso, and R. Moll, “Contribución al desarrollo de materiales y métodos para el dimensionamiento de pavimentos y explanaciones viales en Cuba”, Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba, vol. 8(1), pp. 1-11, 2016, Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/330145096>
- [18] B. Comas, “Movimiento de tierras en las parcelas A9-A12 del Polígono Industrial de CA NA Lloreta”,

- Ajuntament d' Alcúdia, Obres Propies, Mallorca, 2017, Recuperado de <http://www.alcudia.net>
- [19] J. J. Arrollo, J. N. Alvarado, and P. S. Alarcón, "Cálculo de productividad y optimización del equipo pesado utilizado en movimiento de tierras", Journal of Science and Research, vol. 3, pp. 35-44, ICCE2018: Edición Especial, 2018, Recuperado de <http://revistas.utb.edu.ec/index>
- [20] D. A. Escudero, "Proyecto de movimiento de tierras para plantación de frutales tropicales en Finca Rústica Paraje El Manzano", Redactor D. Raúl Checa Díaz nº col 325 del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Málaga, España, 2018.
- 