

Procedimientos Operativos para el área de Diseño de Infraestructuras de Transporte

Widnely Oquendo Medina
Maestría en Ingeniería Gerencial
Héctor J. Cruzado, PhD, PE
Escuela Graduada
Universidad Politécnica de Puerto Rico

Resumen — Este proyecto se centró en desarrollar una Guía de Procedimientos Operativos para el Diseño de Infraestructuras de Transporte, dirigida a empresas de Ingeniería Civil en Puerto Rico. A través de una encuesta inicial, se identificaron problemas comunes, como la falta de Estándares Operacionales. En consecuencia, se estableció como objetivo la elaboración de una guía que abordara sistemáticamente los procesos y mejores prácticas, utilizando AutoCAD Civil 3D como herramienta principal. Se siguieron metodologías para comprender los procesos administrativos y de diseño, abarcando desde la configuración de coordenadas hasta la entrega de planos, verificando que cumpliera con las normas de diseño. Esta guía representó un esfuerzo por mejorar la eficiencia y calidad del diseño de proyectos de transportación, con el potencial de aumentar la eficiencia del personal hasta en un 75%. Su implementación promueve infraestructuras más seguras y adaptables a las demandas del entorno.

Términos clave — requisitos de presentación (RFP), alcance del trabajo (SOW), Administración Federal de Carreteras (FHWA), Guía de Procedimientos Operativos (SOP)

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se centró en una empresa privada del sector de la Ingeniería Civil, especializada en el área de Transportación y brindando servicios principalmente en áreas como diseño de infraestructuras, inspecciones, recolección de datos y operaciones de tránsito, entre otros. Al inicio del proyecto, se realizó una encuesta para identificar los problemas comunes en las empresas del sector. Los resultados revelaron que las compañías en Puerto Rico enfrentaban grandes desafíos, principalmente

debido a la falta de Estándares Operativos para los procesos de la organización.

Con el objetivo de mejorar la productividad y la eficiencia, el proyecto propuso desarrollar una Guía de Procedimientos Operativos (SOP, por sus siglas en inglés) para el Diseño de Infraestructuras de Transporte. Esta guía se creó para abordar de manera sistemática los procesos específicos y las mejores prácticas necesarias para llevar a cabo el diseño integral de estas infraestructuras. Se utilizó como herramienta principal el programa líder en la industria de diseño, AutoCAD Civil 3D.

METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo establecido, se implementó una metodología que facilitó el proceso de comprensión y elaboración. Se comenzó por analizar los procesos administrativos clave y las responsabilidades del gerente de proyecto. Luego, se recopiló información detallada sobre el proceso necesario para llevar a cabo un proyecto de diseño. Una vez recopilada la información pertinente, se procedió a elaborar el SOP que incluyó aspectos como la configuración de coordenadas, el formato de las hojas de un plano, estilos de tramas, estilos de impresión, tamaños y fuentes de texto. Además, se proporcionó orientación sobre la configuración de un paquete de planos, la creación de topografía y alineamientos. En adición, se estandarizó la información requerida en las entregas, en una sección titulada "Entregas de Planos", que cubría abreviaturas de disciplinas, contenido y lo necesario para cada porcentaje de entrega. Finalmente, se verificó el contenido expuesto.

OBTENCIÓN DE CONTRATO

En el sector de la Ingeniería de Transporte en Puerto Rico, se identificaban oportunidades contractuales a través de diversas fuentes, como sitios web gubernamentales, publicaciones especializadas y redes profesionales. Una vez identificada una oportunidad relevante, el licitante se registraba y, en algunos casos, pasaba por un proceso de precalificación para demostrar su capacidad técnica, financiera y legal. Por consiguiente, se preparó y presentó una propuesta competitiva en respuesta a la solicitud de propuestas; donde se comprometió a prestar los diversos servicios profesionales requeridos para la ejecución y/o preparación de todos los relevamientos, investigaciones, informes, planos, documentos contractuales y estimaciones, de acuerdo con el Alcance de Trabajo (SOW) de la Solicitud de Propuesta (RFP) del proyecto [1].

Las agencias contratantes revisaron y evaluaron las propuestas recibidas según los criterios predefinidos como experiencia técnica, gestión, costos y cumplimiento legal. Posteriormente según los resultados de la evaluación se seleccionó la compañía más adecuada y le otorgaron el contrato.

PROCESOS ADMINISTRATIVOS

Después de la adjudicación de un contrato de diseño, se asignaba un jefe de proyecto, quien se encargaba de obtener una copia del contrato y de las fichas de correspondencia para estudiarlos detalladamente. Se coordinaba una reunión entre el consultor y el gestor del proyecto para intercambiar información y establecer reglas básicas para el seguimiento del contrato [2].

Durante el proyecto, el director coordinó la aprobación del Área de Planificación y la FHWA, junto con los estudios necesarios. Se aseguró de la disponibilidad de informes de adquisición de terrenos y la declaración ambiental. En la etapa de diseño preliminar, coordinó con el consultor para obtener los datos necesarios y criterios de diseño, verificados por la Oficina de Diseño Estructural. En la fase final del diseño preliminar, proporcionó

información a la FHWA, resumió los resultados de la audiencia pública y abordó comentarios adversos. Durante el diseño final, garantizó que el consultor siguiera las directrices, coordinó la preparación de planos y revisó las estimaciones de costos. Supervisó el proceso para cumplir los requisitos contractuales y garantizó la calidad del diseño [2].

GUÍA OPERACIONAL (SOP)

El SOP proporcionó a los usuarios una metodología detallada para implementar los procesos principales necesarios para desarrollar un diseño en el programa Civil 3D. Esta guía está encuentra disponible en el siguiente enlace:

<https://1drv.ms/b/s!AmgnAXJRSEbgeJEGjPy0AXd8MHRQw?e=RIUvpK>

Inicio del Proyecto

Según mencionado anteriormente, se utilizó Autodesk Civil 3D 2024 para ilustrar los procesos de diseño. En esta sección se resaltó la importancia crucial de establecer las unidades de medida correctas antes de iniciar cualquier trabajo en ingeniería, construcción, ciencia u otros campos donde la precisión es fundamental. Se presentaron el Sistema Internacional de Unidades (SI) y el Sistema de Unidades Imperiales como sistemas principales de unidades. Además, se describió el software Civil 3D, su interfaz y cómo configurar las unidades dentro del programa, destacando la disposición de la pantalla principal y los pasos para acceder las herramientas necesarias para su configuración. Se recalcó la importancia de la selección aplicable como "USA, Administration" para Puerto Rico, para garantizar la precisión en la localización del diseño.

Introducción al Diseño del Formato de la Planilla de Plano

Este capítulo proporcionó una descripción detallada del formato estándar para una hoja de plano e identificó los parámetros esenciales siguiendo las Directrices del Manual de Diseño de Carreteras [3]. Se destacó la importancia de adherirse a las normativas para garantizar la consistencia y calidad en la elaboración de los planos. Se subrayó la

importancia de identificar la ubicación precisa en la interfaz del programa. Se diferenciaron dos áreas de trabajo: el Espacio de Modelo, donde se crean entidades bidimensionales y tridimensionales, y el Espacio de Diseño (o "Layout"), que representa el diseño en una hoja de papel digital. Se explicó que el marco del diseño se dibuja o posiciona en el Espacio de Diseño y se presentaron con detalle exhaustivo las dimensiones de este en la Tabla 1, detallado en ambas unidades de medida siendo referenciadas a la Figura 1 para asociar su localización.

Tabla 1
Dimensiones del Marco

Parte del marco	Elemento	Denominación	Dimensiones	Columna
			Milímetros (mm)	Pulgadas (in)
Borde externo- ancho (w)	1	N/A	914.36	36
Borde externo- altura (h)	2	N/A	609.56	24
Borde interno- ancho (w)	3	N/A	852.38	33 5/9
Borde interno- altura (h)	4	N/A	575.38	22 2/3
Desplazamiento izquierdo	5	N/A	49.28	2
Desplazamiento derecho	6	N/A	12.70	1/2
Desplazamiento superior	7	N/A	17.01	2/3
Desplazamiento inferior	8	N/A	17.16	2/3
Bloque de identificación superior				
Altura (h)	9	Altura total	25.4	1
Altura (h ₁)	10	Altura divisora	12.7	1/2
Ancho (w)	11	Ancho total	215.13	8 1/2
Ancho (w ₁)	12	Número FED	43.68	1 5/7
Ancho (w ₂)	13	Número de AC	31.75	1 1/4
Ancho (w ₃)	14	Carretera	31.75	1 1/4
Ancho (w ₄)	15	Municipio	31.75	1 1/4
Ancho (w ₅)	16	Isla	19.05	3/4
Ancho (w ₆)	17	Año Fiscal	19.05	3/4
Ancho (w ₇)	18	Número de página	19.05	3/4
Ancho (w ₈)	19	Total de página	19.05	3/4
Bloque de identificación inferior				
Altura (h)	20	Altura del bloque	25.40	1
Altura (h ₁)	21	Altura divisora	16.22	2/3
Ancho (w ₁)	22	Identificación de la agencia y de la unidad	218.09	8 3/5
Ancho (w ₂)	23	Nombre del proyecto y localización	188.31	7 2/5
Ancho (w ₃)	24	Fechas	25.40	1
Ancho (w ₄)	25	Revisiones	114.30	4 1/2
Ancho (w ₅)	26	Escala	101.60	4
Ancho (w ₆)	27	Descripción de la hoja	179.28	7
Ancho (w ₇)	28	Grupo de hoja y número	25.40	1
Bloque informativo del documento				
Altura (h)	29	N/A	101.67	4
Ancho (w)	30	N/A	30.48	1 1/5
Desplazamiento	31	N/A	6.35	1/4

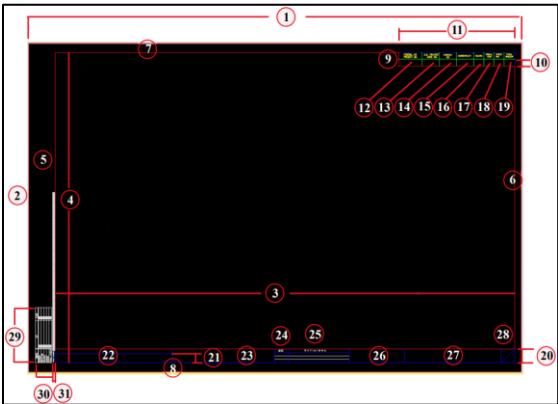


Figura 1
Localización de las Partes del Marco

Configuración del Estilo de Trazado (“Plot Style”)

En el capítulo abordado se trató la configuración de las tablas de estilos de trazado (describe el método para trazar o imprimir objetos o capas en un dibujo), que contienen diversos ajustes para el trazado de dibujos, con el fin de simplificar el proceso y reducir la redundancia de pasos. Se identificaron dos tipos principales de estas tablas: los Estilos de Trazado Dependientes del Color (CTB, se basan en el color de los objetos) y los Estilos de Trazado con Nombre (STB, se basan en el nombre de los objetos).

Se explicó la creación de una tabla de estilo CTB para evitar la repetición del procedimiento en cada impresión. Se accedió al área de trazado y se modificaron los estilos de trazado, ajustando colores y grosores de línea según necesidad.

Configuración de Impresión

Después de completar los pasos anteriores, se configuró una hoja para impresión basándose en aspectos cruciales discutidos previamente. Se realizaron las siguientes acciones: se volvió a acceder al área de impresión, se identificaron elementos clave como el dispositivo de impresión, el tamaño del papel y el área de impresión. Luego, se establecieron opciones como la escala, desplazamiento y la orientación del papel. Finalmente, se aplicaron estas configuraciones para completar el proceso.

Configuración de la altura de los textos

En este capítulo se realizó la configuración de los textos y sus tamaños en un entorno de diseño. Se explicó que las anotaciones son textos insertados en dibujos para describir componentes específicos, y se establecieron convenciones de tamaño para notas, subtítulos y títulos. Se destacó la importancia de mantener coherencia en los tamaños de los textos en un plano. Se mencionó el uso de escalas anotativas para garantizar consistencia entre el diseño y el resultado impreso. Se detallaron los procesos para configurar los textos, incluyendo la apertura de la ventana de estilos de texto, ajuste de parámetros como estilo, tamaño y factor de espesor, y la

activación de la opción de anotativo para automatizar el escalado de los elementos en anotación. Se finalizó indicando cómo aplicar y guardar los cambios realizados.

Fuente de los Textos

Los líderes y multilíderes fueron herramientas fundamentales en la elaboración de planos, permitiendo una inserción clara y organizada de dimensiones y anotaciones, mientras que los multilíderes ofrecieron una mayor versatilidad al permitir la incorporación de múltiples textos o bloques. La configuración de un estilo de multilíder implicó ajustes detallados en cuanto al formato y contenido, asegurando la precisión en la representación de la información en el plano. Además, se explicó cómo incorporar bloques (grupos de objetos designados que actúan como un único objeto) a los multilíderes existentes para personalizarlos según las necesidades del proyecto, y se proporcionó un ejemplo de creación de etiquetas inteligentes, destacando su utilidad para marcar diferentes elementos en un plano y adaptarlas a diferentes requerimientos de diseño.

Creación de un Set de Planos (Sheet Set)

Los gestores de conjuntos de láminas automatizaron la gestión documental y la creación de planos, garantizando la consistencia de tamaños de objetos y textos independientemente de la escala utilizada. Para crear un conjunto de láminas, se siguió un proceso que incluía la selección y nombramiento del conjunto, la ubicación del proyecto en la carpeta correspondiente, la configuración de aspectos relacionados y la importación de documentos. Esto permitió una rápida publicación, transmisión y archivo de múltiples archivos de dibujo.

Vinculación de Inteligencia del Proyecto

El “Toolspace” fue una herramienta esencial para la gestión integral de información en proyectos de Ingeniería Civil. Esta herramienta permitió visualizar y manejar eficientemente elementos de diseño, así como personalizar parámetros clave del

proyecto. Facilitó la vinculación de datos entre dibujos mediante la creación de accesos directos, mejorando la comunicación y evitando complicaciones asociadas con copiar y pegar. Con su ubicación en el “Ribbon”, el acceso al “Toolspace” estaba al alcance de los usuarios, quienes podían organizar, modificar y administrar los elementos del proyecto de manera efectiva. Esto incluía la gestión detallada de estilos, etiquetas y características del dibujo, así como la importación y análisis de datos topográficos.

Configuración de la Topografía

Este capítulo detalló el proceso de creación de una superficie (representación gráfica de la Tierra), que consistió en compilar propiedades específicas de generación, datos y edición, junto con un registro de operaciones realizadas en ella. Se discutieron diversos elementos de datos utilizados en la construcción de superficies, como contornos de elevación, archivos DEM (modelo digital de elevación), puntos, archivos TIN (archivo de imagen rasterizada) e información de programas GIS.

Para crear una superficie, se abrió el documento de elevación, se seleccionó el comando de superficie en el Toolspace, se le dio un nombre y se definieron los objetos utilizando los contornos de elevación. Después de estos pasos, la superficie se generó automáticamente.

Configuración de Alineamientos

El diseño de caminos implica la creación de alineamientos horizontales, que consisten en proyectar el eje del camino sobre un plano horizontal, utilizando elementos como tangentes, curvas circulares y de transición. Este proceso se lleva a cabo en software de diseño asistido, donde se accede a la herramienta de alineamiento desde la interfaz del programa. Se elige la opción de crear un alineamiento basado en un objeto, previamente definido como la línea de centro del camino. Luego, se configuran detalles como nombre, tipo de línea, estilo de alineamiento y otros criterios de diseño. Se establece un formato específico para el nombre, se elige el tipo de línea por defecto como "centerline",

y se ajustó el estilo de alineamiento según las necesidades del proyecto. Una vez completada la configuración, se confirman los ajustes y se procede con el diseño del camino.

Entrega de planos

En el proceso de desarrollo de proyectos, la coordinación entre diferentes áreas fue esencial para cumplir objetivos y entregar resultados satisfactorios. Las Entregas de Planos y Documentos jugaron un papel crucial [3] en la comunicación entre el Área de Diseño y las oficinas de gestión de proyectos. Este capítulo detalló el contenido necesario en cada fase de entrega [4].

Principalmente, estableció un sistema numérico para categorías de trabajo [5], centrándose en la rehabilitación de proyectos para proporcionar una guía más precisa. En adición se planteó el contenido disciplinario utilizando el Manual de Diseño de Carreteras [3], enfatizando la importancia de la claridad en los planos para evitar errores en la ejecución del proyecto. La revisión minuciosa de los planos fue vital para prevenir reclamaciones contra la Autoridad de Carreteras.

COSTOS

Durante la gestión de costos del proyecto, se realizó un análisis detallado para identificar áreas de ajuste y optimización. Se modificó el cronograma para alinear las entregas con el calendario establecido, lo que proporcionó una mayor claridad en las tareas por etapa. Se revisaron minuciosamente los tiempos asignados a cada tarea y se redujeron, eliminando dos fases no esenciales para priorizar la finalización de la guía. Con un costo inicial total de \$47,720, los ajustes efectuados resultaron en una reducción de costos de \$22,440, lo que condujo a un costo final ajustado de \$25,276. La Figura 2 mostró la diferencia entre el costo del proyecto inicial y el ajustado.



Figura 2
Diferencia en Costos del Proyecto

CONCLUSIÓN

Esta guía representó la búsqueda de eficiencia y productividad en el diseño de proyectos de transportación. Al consolidar años de experiencia y mejores prácticas, ofreció un marco claro y estructurado para abordar los desafíos del sector. Además de proporcionar procedimientos y directrices, demostró un compromiso con la calidad, seguridad y sostenibilidad. Su implementación puede derivar en un incremento del 75% en la eficiencia del personal, dado que diversos factores inciden en función del tipo y la complejidad del proyecto en curso, su contribución ayudó a crear infraestructuras de transportación más seguras y adaptadas a las necesidades del entorno.

REFERENCIAS

- [1] Puerto Rico Highway & Transportation Authority (PRHTA-Design Area). (2023). RFP BOILER PLATE.
- [2] Department of Transportation and Public Works & Highway Authority. (1979). Chapter 21: Administrative Procedures for Projects Design: Highway Design Manual.
- [3] Department of Transportation and Public Works & Highway Authority. (1979). Highway Design Manual.
- [4] Departamento de transportación y Obras Públicas & Autoridad de Carreteras y Transportación (Directoria de Infraestructura). (27 de octubre de 2003). DIRECTRIZ DE DISEÑO NUM 111: HOJAS DE COTEJO Y ENTREGAS DE PLANOS. <https://act.dtop.pr.gov/directrices-de-diseno/>
- [5] Departamento de transportación y Obras Públicas & Autoridad de Carreteras y Transportación (Directoria de Infraestructura). (septiembre 2008). Directriz de diseño núm. 112: Presentación del Plano de Construcción y Nota General. <https://act.dtop.pr.gov/directrices-de-diseno/>