

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

**“DISEÑO GEOMETRICO DE UNA CARRETERA
APLICANDO SOFTWARE TOPOGRAPH”**

Por:

JOSE HERNAN ARCE CAMACHO

Proyecto de grado presentado a consideración de la **“UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISEAL SARACHO”**, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Septiembre del 2011

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

M. Sc. Ing. Luis Alberto Yurquina F.

DECANO

FACULTAD CIENCIAS Y

TECNOLOGIA

Lic. Gustavo Succi Aguirre

VICEDECANO

FACULTAD CIENCIAS Y

TECNOLOGIA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Johnny Orgaz Fernandez

Ing. Wilson Yucra Rivera

Ing. Marcelo Sosa Castellanos

ADVERTENCIA:

El Tribunal Calificador del presente Trabajo no se solidariza con la forma, modos y expresiones vertidas en el mismo siendo ellos únicamente responsabilidad del autor.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, a mi Madre, a mi Padre (†), a mis hermanos por su amor, comprensión y apoyo incondicional, de manera especial a mis docentes por compartir sus conocimientos.

DEDICATORIA:

El presente trabajo es dedicado a mí querida madre y hermanos, a mis hijas Abigail y Mariel y en especial a mi querida esposa Mariel Karina, por el apoyo recibido en todo momento.

PENSAMIENTO:

"En la vida, lo importante es poseer un ideal elevado y definido; después suficiente perseverancia para alcanzar el éxito".

RESUMEN

El trabajo abordado en esta memoria está relacionado con las normas de diseño y la topografía necesaria para la ejecución de un estudio de Ingeniería Vial, un estudio en el cual aplicamos un Diseño Geométrico de una Carretera, empleando un modernísimo software llamado el Sistema **topoGRAPH 98 SE**, destinado a las diversas aéreas de la ingeniería y la construcción que utilizan una base topográfica en el desarrollo de sus trabajos.

Un paquete que posee una sofisticada herramienta para un diseño práctico y versátil en cuestión de carreteras y de fácil uso. El sistema, compuesto por módulos destinados a un área específica, todo lo que es la topografía, volúmenes donde se implica lo que es el movimiento de tierras y el diseño en cuestión y el módulo de proyectos, donde se realizan los cálculos de los proyectos con sección tipo inteligente, definición del trazado tanto en planta como en altimetría, distribución de peraltes y sobreechamientos, destinado a las diversas aéreas de la ingeniería y construcción que utilizan como ya se dijo antes, una base topográfica en el desarrollo de sus trabajos.

El diseño geométrico de la carretera (aplicando topograph), tomando los parámetros, restricciones y normas de diseño, con características óptimas que permiten el libre diseño y aplicabilidad del mismo, durante todo el periodo de su uso, ello permitió demostrar: lo fácil, lo rápido, lo versátil, en el menor tiempo de aplicación y con una mayor productividad a corto tiempo.

Con la aplicación del sistema topograph se evidenció la fácil aplicación, minimizando costos, tiempo y obteniendo un resultado rápido, seguro y confiable ante cualquier paquete similar.

El sistema topoGRAPH 98 SE aumenta la productividad de los profesionales del área.

Frecuentemente, el Ingeniero Diseñador, se enfrenta a distintas situaciones en terreno, las cuales necesita desarrollar y encontrar soluciones rápidas y eficientes, se

plantea interrogantes como: ¿De qué forma enfrento el problema?, ¿Cómo lo realizo? Hasta hace no mucho tiempo atrás, existían muy pocas formas, además de molestas, de enfrentar los problemas, haciendo difícil el traspaso de la información existente en terreno a formato papel, para poder tomar decisiones de forma grafica en un proyecto establecido.

Un gran porcentaje de los profesionales del área de las obras civiles dispone del software Autocad que ha sido reconocido como una plataforma básica para dibujos de ingeniería. Sin embargo hace varios años **Char *Pointer** ha generado un software que posee potentes herramientas orientadas al Ingeniero Diseñador de Carreteras, este software se llama topoGRAPH 98 SE, que trabaja con su propia plataforma CAD.

Con la creación de software enfocado en el área de las carreteras, se solucionan problemas como:

Ahorro de tiempo: lo que conlleva a una mejor producción, agiliza el rendimiento, rapidez en la toma de decisiones, ahorro de capital, etc.

Ahorro de cálculos: que era lo que más consumía al ingeniero de carreteras, en el momento de desarrollar el problema con base de datos de gabinete.

Mayor calidad: que permite llevar un acabado perfecto en la obtención de dibujos, trazos y líneas.

Mejores soluciones: mediante las diversas herramientas del software, se obtiene un mejor provecho de la base de datos elaborada en terreno.

Incertidumbre: la solución gráfica inmediata permite hacer proyecciones parciales para corroborar la exactitud de los resultados.

Es muy importante mencionar que se amplía el campo para determinar soluciones nuevas, a problemas que antes hubiesen sido muy difíciles de concluir.

INDICE GENERAL

Advertencia
Agradecimiento
Dedicatoria
Pensamiento
Resumen

INTRODUCCION

	Página
Antecedentes Generales.....	1
Justificación.....	2
Justificación del tema.....	3
Objetivos.....	5
Objetivos General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Aporte y Resultados a Obtener.....	6
Metodología.....	7

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1	Aspectos Generales.....	8
1.2	Introducción.....	8
1.3	Niveles de Estudio.....	9
1.3.1	Estudios Preliminares.....	9
1.3.2	Anteproyecto.....	10
1.3.3	Estudio Definitivo.....	10
1.4	Sistema de Clasificación Funcional Para Diseño.....	11
1.5	Normas de Diseño Para Proyectos de Obras Viales.....	14
1.5.1	Introducción.....	14
1.5.2	Normas Mínimas.....	15

	Página
1.5.3	Vehículos Tipo..... 15
1.5.3.1	Dimensiones de los Vehículos..... 16
1.5.3.2	Peso Máximos de Vehículos en Carretera..... 18
1.6	Giro Mínimo de Vehículos Tipo..... 19
1.7	Factores que Inciden en la Definición de Características de un Camino..... 20
1.7.1	Clasificación de los factores..... 20
1.7.1.1	Factores Operacionales..... 20
1.7.1.2	Factores Físicos..... 21
1.7.1.3	Factores de Costo Asociado al Camino..... 21
1.7.1.4	Factores Humanos y Ambientales..... 21
1.7.2	Ponderación Cualitativa de los Factores Más Relevantes..... 22
1.8	Criterios para Definir las Características de un Camino..... 23
1.8.1	Introducción..... 23
1.8.2	Función de la Carretera o Camino 23
1.8.3	Demandas y Características del Transito..... 24
1.8.3.1	Transito Medio Diario Anual..... 24
1.8.3.2	Clasificación por tipo de Vehículo..... 25
1.9	Conceptos Relativos de Velocidad en el Diseño Vial..... 25
1.9.1	Velocidad de Proyecto (Vp)..... 25
1.9.2	Velocidad de Especifica (Ve)..... 25
1.9.3	Velocidad de Operación (Vop)..... 26
1.9.4	Velocidad Percentil 85% (V85%)..... 26
1.9.5	Velocidad* (V*)..... 26
1.10	Capacidad de Niveles de Servicio..... 26
1.10.1	Niveles de Servicio..... 27
1.11	Diseño Geométrico..... 28
1.11.1	El Trazado..... 28
1.11.2	Criterios Básicos..... 28
1.11.3	Distancias de Visibilidad..... 29

	Página
1.11.3.1	Distancias de Visibilidad de Parada..... 30
1.11.3.2	Distancia de Visibilidad de Adelantamiento..... 32
1.11.3.3	Efectos de las Pendientes Sobre la Distancia de Adelantamiento 36
1.11.3.4	Frecuencias de Zonas Adecuadas Para Adelantar..... 37
1.11.4	Alineamiento Horizontal..... 38
1.11.4.1	Controles de Alineamiento..... 38
1.11.4.2	Criterios Para Establecer el Alineamiento..... 39
1.11.4.3	Alineamiento Recto..... 41
1.11.4.3.1	Longitudes Máximas en Recta..... 41
1.11.4.3.2	Longitudes Mínimas en Recta..... 41
1.11.4.4	Curvas en "S"..... 42
1.11.4.1	Tramo Recto Entre Curvas en el Mismo Sentido..... 42
1.11.5	Curvas Circulares..... 43
1.11.5.1	Radios Mínimos y Absolutos..... 43
1.11.5.2	Modificación del Peralte Máximo..... 44
1.11.5.3	Peralte en Función del Radio de Curvatura..... 45
1.11.5.4	Radio-Peralte-Velocidad Específica- Coeficiente de Fricción Transversal 46
1.11.5.5	Radios Limites en Contra peralte-RL..... 48
1.11.5.6	Desarrollo de Curvas Circulares..... 49
1.11.5.7	Línea de Máxima Pendiente..... 50
1.11.6	Desarrollo del Peralte..... 50
1.11.6.1	Desarrollo del Peralte en Curvas Circulares..... 50
1.11.6.1.1	Eje de Giro del Peralte..... 51
1.11.6.1.2	Longitud del Desarrollo del Peralte..... 51
1.11.6.1.3	Condiciones Para el Desarrollo del Peralte..... 53
1.11.6.1.4	Desarrollo de Peralte Entre Curvas Sucesivas..... 54
1.11.7	Sobreancho..... 55
1.11.7.1	Sobreancho en Curvas Circulares..... 55
1.11.7.2	Sobreancho en Curvas con Arcos de Enlace..... 63

	Página
1.11.8	Alineamiento Vertical..... 63
1.11.8.1	Ubicación de la Rasante respecto al Perfil Longitudinal..... 64
1.11.8.2	Inclinación de las Rasantes..... 65
1.11.8.2.1	Pendientes Máximas..... 65
1.11.8.2.2	Pendientes Mínimas..... 66
1.11.8.2.3	Longitud en Pendiente y Velocidad de Operación..... 66
1.11.8.3	Enlace de Rasantes..... 67
1.11.8.3.1	Posibilidad de Curvas Verticales..... 68
1.11.8.3.2	Criterio de Diseño para Curvas Verticales..... 72
1.11.8.3.3	Parámetros Mínimos por Visibilidad de Parada..... 74
1.11.8.3.4	Parámetros Mínimos por Visibilidad de Adelantamiento..... 75
1.11.8.3.5	Longitud Mínima en Curvas Verticales..... 77
1.12	Sección Transversal..... 78
1.12.1	Introducción..... 78
1.12.2	La Plataforma..... 78
1.12.3	Las Calzadas..... 78
1.12.3.1	Anchos de Calzada..... 79
1.12.4	Bombeos..... 79
1.12.5	Las Bermas..... 81
1.12.5.1	Ancho de las Bermas..... 81
1.12.5.2	Pendientes Transversales de las Bermas..... 82
1.12.5.3	Los Sobreanchos de Plataforma (S.A.P.)..... 82
1.12.6	La Mediana..... 83
1.12.7	Los Taludes..... 84
1.12.7.1	Obras de Protección de Taludes..... 85
1.12.8	Los Bordillos..... 85
1.12.9	Las Cunetas de Pie de Terraplén..... 86
1.12.10	Cunetas de Banquinas..... 86

CAPITULO II: UTILIZACION DEL PAQUETE CIVIL EN EL PROYECTO GEOMETRICO

		Página
2.1	Introducción.....	88
2.1.1	Quienes Somos.....	89
2.1.1.1	Misión.....	89
2.1.1.2	Visión.....	89
2.1.1.3	Memoria.....	89
2.1.2	Que Hacemos.....	90
2.1.2.1	Venta de Equipos.....	90
2.1.2.2	Ingeniería Civil.....	90
2.1.2.3	Ingeniería Industrial.....	91
2.1.2.4	Arquitectura.....	91
2.1.2.5	Patrimonio Histórico.....	91
2.1.2.6	Desarrollo.....	91
2.1.3	Topografía HDS.....	92
2.1.4	Clientes.....	92
2.2	Diseño del Eje en Planta.....	93
2.2.1	Diseño del Eje.....	93
2.2.2	Como Generar un Trazado Horizontal.....	93
2.2.3	Trazado de Curvas Horizontales.....	95
2.2.4	Definición del Eje Como Alineamiento Horizontal.....	96
2.2.4.1	Por la Definición de los Vértices.....	97
2.2.4.2	Por la Definición de las Curvas.....	99
2.2.4.3	Por la Definición Grafica de los Elementos.....	101
2.3	Como Visualizar el Trazado Horizontal.....	102
2.4	Perfil Longitudinal.....	102
2.4.1	Obtención de las Cotas del Terreno.....	103
2.4.2	Obtención de las Curvas de Nivel.....	104
2.4.3	Interpolación de las Curvas de Nivel.....	106
2.4.4	Obtención del Perfil Longitudinal.....	108

	Página
2.5	Diseño de la Rasante..... 109
2.5.1	Como Generar un Trazado Vertical..... 110
2.5.2	Trazado en Tramos Rectos..... 112
2.5.3	Trazado de Curvas Verticales..... 112
2.6	Definición de la Rasante como Alineamiento Vertical..... 114
2.7	Secciones Transversales..... 115
2.8	Obtención de Perfiles Transversales del Terreno..... 116
2.9	Obtención y Definición de la Sección Tipo del Camino..... 118
2.9.1	Definición de la Sección Tipo..... 119
2.10	Configuración de Parámetros para el Control de Diseño..... 124
2.10.1	Parámetros de Visualización del Trazado Horizontal..... 124
2.10.2	Parámetros de Visualización del Trazado Vertical..... 129
2.10.3	Parámetros de Visualización de las Secciones Transversales..... 131
2.11	Obtención de las Secciones Transversales..... 133
2.11.1	Definición de Parámetros para las Secciones Transversales..... 133
2.11.2	Obtención de las Secciones Transversales..... 133
2.12	Calculo de Volumen..... 136
2.13	Generación de Notas de Servicio..... 138
2.13.1	Listados de Servicio de Cabezas/pies de Talud..... 139
2.13.2	Listados de Servicio de Terraplén..... 139
2.13.3	Listados de Servicio de Plataforma Terminada..... 141

CAPITULO III: APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1	Ubicación..... 142
3.1.1	Topografía Tramo El Volcán – San Telmo..... 143
3.2	Criterios y Parámetros de Diseño..... 144
3.2.1	Introducción..... 144
3.2.2	Categoría de Camino..... 144
3.3	Velocidad Directriz..... 145
3.4	Ancho de Plataforma..... 145

	Página
3.4.1 Ancho de Calzada.....	146
3.4.2 Ancho de Berma.....	146
3.5 Planimetría.....	147
3.5.1 Peralte Máximo.....	147
3.6 Altimetría.....	147
3.6.1 Pendientes Máximas.....	147
3.6.2 Pendientes Mínimas.....	147

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	148
4.2 Recomendaciones.....	150

BIBLIOGRAFIA.....	152
--------------------------	------------

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

	Página
TABLA N° 1 Clasificación funcional para diseño para carreteras y caminos rurales.....	14
TABLA N° 2 Pesos máximos por eje y sus combinaciones.....	18
TABLA N° 3 Distancia mínima visibilidad de parada en horizontal.....	32
TABLA N° 4 Distancia mínima de adelantamiento.....	36
TABLA N° 5 Longitud máxima sin visibilidad de adelantamiento en sectores conflictivos.....	37
TABLA N° 6 Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar.....	38
TABLA N° 7 Lr min Entre dos curvas de distinto sentido.....	42
TABLA N° 8 Lr min Entre curvas del mismo sentido.....	42
TABLA N° 9 Valores máximos para el peralte y la fricción transversal.....	44
TABLA N° 10 Radios mínimos absolutos en curvas circulares.....	44
TABLA N° 11a Carreteras Autopistas-Autorrutas-Primarias.....	47
TABLA N° 11b Caminos Colectores-Locales-Desarrollo.....	47
TABLA N° 12 Radios límites en contraperalte en tramos circulares.....	48
TABLA N° 13 Desarrollo mínimo para curvas circulares de radio mínimo.....	49
TABLA N° 14 Desarrollos mínimo para deflexiones $\omega \leq 6$	49
TABLA N° 15 Valores admisibles pendiente relativa de borde $\Delta\%$	52
TABLA N° 16 Proporción del peralte a desarrollar en recta.....	54
TABLA N° 17 Huelgas teóricas consideradas para vehículos comerciales de 2.6 m. de ancho en recta y en curva, según el ancho de calzada.....	55
TABLA N° 18 Ensanche de la calzada.....	59

	Página
TABLA N° 19	Ensanche de la alzada en caminos con $V_p \leq 60$ Km/h..... 60
TABLA N° 20	Pendientes máximas establecidas..... 65
TABLA N° 21	Camino de alta montaña Pendientes máximas según altura..... 65
TABLA N° 22	Longitud crítica en pendientes para $\Delta V < 24$ km/h y $\Delta V = 40$ km/h..... 67
TABLA N° 23	Parámetros mínimos en curvas verticales por criterios de visibilidad de parada..... 75
TABLA N° 24	Parámetros mínimos en curvas verticales convexas por criterios de visibilidad de adelantamiento..... 76
TABLA N° 25	Bombes de la calzada..... 80
TABLA N° 26	Ancho de mediana..... 84

INDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA N° 1	Esquema de la operación de adelantamiento..... 34
FIGURA N° 2	Esquema de sobreancho..... 57
FIGURA N° 3	Trayectoria que describen las ruedas de un vehículo en una curva circular..... 57
FIGURA N° 4	Situaciones más comunes en una curva vertical..... 69
FIGURA N° 5	Esquema de una curva vertical..... 72
FIGURA N° 6a	Curvas verticales con pendientes a dos aguas..... 73
FIGURA N° 6b	Curvas verticales con pendientes en un solo sentido..... 73
FIGURA N° 7	Ubicación del proyecto..... 143

INDICE DE ANEXOS

- Anexo N° 1 Levantamiento topográfico
- Anexo N° 2 Planillas Trazo Horizontal
- Anexo N° 3 Planillas de Replanteo
- Anexo N° 4 Planillas de Volúmenes de Proyecto
- Anexo N° 5 Archivos de Proyecto Elementos PI Horizontales
- Anexo N° 6 Archivos de Proyecto Elementos Curvas Horizontales
- Anexo N° 7 Archivos de Proyecto Elementos PI Verticales
- Anexo N° 8 Archivos de Proyecto Elementos Curvas Verticales
- Anexo N° 9 Planos de Planimetría N° 6 de 6
- Anexo N° 10 Planos de Altimetría N° 6 de 6
- Anexo N° 11 Planos de Secciones N° 19 de 19