

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESTUDIO DE SEMAFORIZACIÓN EN LA ZONA CENTRAL DE  
LA CIUDAD DE “BERMEJO”**

**POR:**

**GERMÁN COLQUE MAMANI**

Trabajo Dirigido presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Noviembre de 2010**

**TARIJA - BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
Ing. Mabel Zambrana Velasco  
**PROFESOR GUÍA**

.....  
Ing. Luis Alberto Yurquina  
**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**Y TECNOLOGÍA**

.....  
MSc. Lic. Marlene Hoyos  
**DIRECTORA DEL "P.E.T."**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
Ing. Wilson Yucra

.....  
Ing. Grover Torres

El tribunal calificador del Presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo siendo éstas responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a mis Hijas Soledad y Luz Ángeles, a mi esposa Luz Raquel Choque, a mi madre Josefa Mamani, a mis hermanos, René, Fernando, Cristina, Víctor, Jaime y Aurora, a mi padre que me da fuerzas desde el cielo, mismos que fueron los puntales para seguir adelante

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida y estar junto a mí todos los días de mi vida, a mi madre que desde la distancia me dio su apoyo, a mis hermanos que me brindaron su apoyo incondicional, a mis docentes por sus enseñanzas y sabiduría.

## **PENSAMIENTO**

Los hombres que luchan un día son buenos  
los hombres que luchan un año, son mejores;  
pero aquellos que luchan toda la vida,  
aquellos son imprescindibles.

Berton Bretch

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	<b>Página</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Alcance del trabajo.....	4
1.4.1 Delimitaciones.....	5
1.4.1.1 Delimitación temporal.....	5
1.4.1.2 Delimitación espacial.....	6

### CAPÍTULO II LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO

2.1 Evolución.....	7
2.1.1 Evolución del Transporte.....	7
2.1.2 Progreso del Vehículo de Motor.....	8
2.2 Definición de la ingeniería de tránsito.....	9
2.3 Elemento del tránsito.....	10

	Página
2.3.1 El usuario.....	10
2.3.2 El conductor.....	10
2.3.2.1. Características del conductor.....	10
I Recepción visual.....	11
a) Agudeza visual.....	11
b) Visión periférica.....	12
c) Visión de los colores.....	12
d) Visión de deslumbramiento y recuperación.....	12
e) Percepción de la profundidad.....	13
II.- El proceso de percepción-reacción.....	13
a).- Percepción.....	13
b).- Identificación.....	13
c).- Emociones.....	13
d).- Reacción.....	14
2.3.2.1 El peatón.....	14
2.3.2.1.1 Características del peatón.....	14
2.3.2 El vehículo.....	15
2.3.2.1 Características físicas.....	15
2.3.2.1.1 Vehículos livianos.....	20
2.3.2.1.2 Vehículos medianos.....	21
2.3.2.1.3 Vehículos pesados.....	21
2.3.2.2 Características estáticas del vehículo.....	22

	Página
2.4 Señalización.....	25
2.4.1 Tipos de señales.....	25
2.4.1.1 Señalización vertical.....	25
2.4.1.1.1 Señalización restrictiva.....	26
2.4.1.1.2 Señalización preventiva.....	28
2.4.1.1.3 Señales informativas.....	31
2.4.1.2 Señalización horizontal o marcas sobre pavimentos.....	35

### **CAPÍTULO III**

#### **SEMAFORIZACIÓN**

3.1 Definición.....	39
3.2 Clasificación.....	39
3.3 Tipos de semáforos vehiculares y peatonales.....	40
3.3.1 Semáforos vehiculares.....	40
3.3.2 Semáforos para pasos peatonales peatonales.....	43
3.4 Características de los semáforos vehiculares.....	46
3.4.1 Significado de los colores.....	47
3.5 Condiciones para la instalación de semáforos.....	50
3.5.1 Condición N° 1 Volúmenes mínimos.....	50
3.5.2 Condición N° 2 demoras en el tránsito.....	51
3.5.3 Condición N° 3 volumen mínimo de peatones.....	52
3.5.4 Condición N° 4 sistema coordinado de semáforos.....	53

	Página
3.5.5 Condición N° 5 Prevención de accidentes.....	53
3.5.6 Condición N° 6 Combinación de condiciones.....	54
3.6 Sincronización del tiempo de ciclo y fase.....	55
3.6.1 Controlador.....	55
3.6.2 Ciclo.....	55
3.6.3 Fase.....	55
3.6.4 Objetivo de la sincronización de los semáforos.....	56
3.6.5 Métodos para determinar el ciclo.....	56
3.6.5.1 Método la ecuación de f. v. Webster.....	56
3.6.5.2 Método de capacidad de carretera (MCC).....	57
3.6.5.3 Nacional Safety Council.....	59
3.7 Tiempo de fase amarilla.....	62
3.7.1 Distribución de tiempos.....	64
3.8 Fase verde.....	66
3.9 Coordinación de semáforos.....	67
3.9.1 Coordinación en calles de un sentido.....	67
3.9.2 Coordinación en calles de doble sentido.....	67
3.9.2.1 Coordinación del sistema del simultáneo.....	67
3.9.2.2 Coordinación alterna.....	68
3.9.2.3 Sistema progresivo.....	68

	Página
3.10 Aplicación Práctica en la Ciudad de Bermejo.....	68
3.11 Descripción general de las intersecciones.....	70
3.12 Procedimiento y etapas de los aforos.....	71
3.12.1 Aforo de velocidades.....	71
3.12.2 Aforo vehicular.....	72
3.12.3 Aforo peatonal.....	72
3.13 Volúmenes.....	72
3.13.1 Estudio de volúmenes.....	72
3.13.2 Variación de volúmenes.....	73
3.14 Métodos para realizar conteos de volumen.....	74
3.14.1 Método manual.....	74
3.14.2 Método automático.....	76
3.14.3 Resultados de los aforos de volumen.....	78
3.14.3.1 Flujo direccional.....	78
3.14.3.2 Resultados del volumen vehicular.....	80
3.14.3.3 Resultados del volumen peatonal.....	81
3.15 Velocidad.....	82
3.15.1 Estudio de velocidades de la hora y del día.....	83
3.15.2 Tamaño de la muestra para los estudios de velocidades.....	83
3.15.2.1 Velocidad promedio.....	83
3.15.2.2 La desviación estándar de las velocidades.....	84

	Página
3.15.3 Método para realizar estudios de velocidad.....	84
3.15.4 Tipos de velocidad.....	93
3.15.4.1 Velocidad de recorrido total.....	93
3.15.4.2 Velocidad de crucero.....	93
3.15.4.3 Velocidad de directriz.....	94
3.15.4.4 Velocidad de punto.....	94
3.15.4.5 Resultado de velocidad.....	94
3.16 Informe de crecimiento anual de motorizados en la ciudad de Bermejo	
Proporcionado por G.M.B.....	98
3.17 Número de accidentes de tránsito en la ciudad de Bermejo.....	98
3.18 Estacionamiento y parada.....	100
3.18.1 Estacionamiento y paradas que existen en la zona de estudio....	101
3.18.1.1 Calles principales.....	101
3.18.1.2 Calles secundarias.....	105
3.18.1.3 Fotos de estacionamiento y parada de Bermejo .....	107
3.18.1.4 Fotos en horas picos de diferentes intersecciones...	109
3.19 Semaforización.....	111
3.19.1 Análisis de condiciones para una semaforización.....	111
3.19.2 Diseño de la semaforización.....	112
3.19.3 Obtención de los resultados de ciclos y fases.....	113
3.19.4 Resultados de ciclos y fase.....	118

## **CAPÍTULO I V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	Página
4.1 Conclusiones.....	121
4.2 Recomendaciones.....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	126
ANEXOS	

## ÍNDICE DE ANEXOS

- 1.- Anexos A Volúmenes vehiculares.
- 2.- Anexos B Volúmenes Peatonales.
- 3.- Anexos C Velocidad de los vehículos.
- 4.- Anexos D Cálculos de ciclos y fases.
- 5.- Anexos E Ubicación de los semáforos en cada intersección.
- 6.- Anexos F Planos.

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura. 2.1 Evolución del transporte.....	7
Figura. 2.2 Progreso del vehículo de motor.....	9
Figura. 2.3 Descripción de las diferentes movilidades en la zona de estudio.....	17
Figura. 2.4 Trayectoria mínima de giro para el vehículo de pasajeros de diseño.....	23
Figura. 2.5 Trayectoria de giro mínimo para el vehículo de diseño WB-62.....	24
Figura. 2.6 Señalización restrictiva.....	27
Figura. 2.7 Ilustran los diferentes tipos de señales preventivas.....	29
Figura. 2.8 Ilustran las señales informativas de identificación y su ubicación	
General.....	32
Figura. 2.9 Ilustra los diferentes tipos de señales informativas de destino.....	33
Figura. 2.30 Se ilustran las señales informativas de recomendación e información	
General.....	33
Figura. 2.31 Señales informativas de servicios y turísticas.....	34
Figura. 2.32 Muestra un ejemplo de diversos tipos de rayas y marcas en el pavimento	
en aproximaciones a una intersección.....	36
Figura. 2.33 Ejemplo de señalización horizontal.....	36
Figura. 2.34 La señal blanca permite la circulación sobre la señal o cruzar sobre la	
Señal.....	37
Figura. 2.35 Separación de sentido.....	38
Figura. 2.36 Línea de parada.....	38
Figura. 3.1 Semáforos montados en postes.....	42

Figura. 3.2	Semáforo montado en mensula larga sujeta a parte lateral.....	42
Figura. 3.3	Semáforo montado suspendido por cables.....	43
Figura. 3.4	Semáforos en zonas escolares.....	44
Figura. 3.5	Semáforo para peatones con la indicación alto y pase.....	45
Figura. 3.6	Semáforo para la indicación para dar paso al peatón.....	45
Figura. 3.7	Característica de los semáforos vehiculares.....	47
Figura. 3.8	Color e indicación del semáforo vehicular.....	47
Figura. 3.9	Descripción de las intersecciones.....	70
Figura.3.10	Contador manual TMC/48.....	75
Figura.3.11	Clasificador de tránsito de Vehículos Tras Q.....	76
Figura.3.12	Sensor de series Wavetronix Smart.....	77
Figura. 3.13	Descripción del flujo vehicular.....	79
Figura. 3.14	Tubo neumático.....	85
Figura. 3.15	Medidor SpeedAce.....	86
Figura. 3.16	El Autoscopio.....	87
a)	Muestra como el Autoscopio está instalado en una intersección.....	87
b)	La figura nos muestra el Autoscopio.....	88
Figura. 3.17	Gráfica de volumen vehicular.....	89
Figura. 3.18	Gráfica de porcentaje vehicular.....	90
Figura. 3.19	Gráfica de volumen peatonal.....	91
Figura.3.20	Gráfica de porcentaje peatonal.....	92
Figura.3.21	Puntos de aforos de velocidad.....	97
Figura. 3.22	fotografía de horas pico de la intersección Barrientos y Cochabamba.	

	(zona del mercado central).....	107
Figura. 3.23	Plaza principal que está sobre la avenida Barrientos entre las calles A. Ameller y G. Busch.....	108
Figura. 3.24	Intersección de la Avenida Barrientos y Tarija.....	108
Figura. 3.25	Intersección de la calle Chuquisaca y Cochabamba en este punto la calle Cochabamba se convierte en doble sentido.....	109
Figura. 3.26	Imágenes de estacionamiento y paradas de la ciudad de Bermejo.....	110
Figura. 3.27	La imagen muestra la parada de taxis 15 de Abril.....	110
Figura. 3.28	La imagen muestra la intersección La Paz y Santa Cruz.....	111

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 3.1 Condición N° 1 Volúmenes mínimos.....	50
Tabla 3.2 Condición N° 2 demoras en el tránsito.....	51
Tabla 3.3 Condición N° 3 volumen mínimo de peatones.....	52
Tabla 3.4 Valores de tiempo de fase amarilla.....	64
Tabla 3.5 Nombres de las intersecciones.....	71
Tabla 3.6 Resultados de volumen vehicular.....	80
Tabla 3.7 Resultados de volumen de peatón.....	81
Tabla 3.8 Resultados de velocidad.....	95
Tabla 3.9 Número de Velocidades.....	96
Tabla 3.10 Registro del parque automotriz.....	98
Tabla 3.11 Accidentes de tránsito de 2006 a 2009.....	100
Tabla 3.12 Condiciones para colocar semáforos.....	101
Tabla 3.13 Resultados de ciclos y fases de cada intersección.....	112