

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**ANALISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS MEDIANTE  
LA HERRAMIENTA DE SIMULACION**

**Por:**

**JUAN PABLO SALLES GUZMAN**

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

**SEMESTRE I 2016**

**TARIJA-BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

**ANALISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS MEDIANTE  
LA HERRAMIENTA DE SIMULACION**

**Por:**

**JUAN PABLO SALLES GUZMAN**

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

**Agosto de 2016**

**TARIJA-BOLIVIA**

.....  
V.B. Ing. Marcelo H. Pacheco Nunez

-----  
M.Sc.Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez  
**DECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

-----  
M.Sc.Ing. Silvana Paz Ramírez  
**VICEDECANA FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**TRIBUNAL:**

-----  
Ing. Ada G Lopez Rueda

-----  
Ing. Trinidad Baldiviezo

-----  
Ing. Edson Serrudo

El Tribunal calificador de la presente tesis no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo; siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo con mucho cariño y gratitud a mis queridos padres, a mis hermanos y a mis tías quienes supieron apoyarme y aconsejarme en los momentos que más necesitaba para mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos:

A Dios por guiarme e iluminarme en el camino de la fe, darme sabiduría, fortaleza para poder culminar mis estudios.

A mis padres y hermanos por apoyarme incondicionalmente.

A todos los docentes que supieron transmitir sus conocimientos que fueron de gran ayuda para poder culminar esta importante etapa de mi vida.

## **PENSAMIENTO**

Dile a la mañana que se acerque  
a mi puerta, que lo que se espera,  
con paciencia se logra.

**(Juan Luis Guerra).**

## Contenido

CAPITULO I INTRODUCCION.....	6
1.1    INTRODUCCION.....	6
1.2    JUSTIFICACION.....	7
1.3    DISEÑO TEORICO.....	7
1.3.1    SITUACION PROBLEMICA.....	7
1.3.2    PROBLEMA.....	8
1.3.3    OBJETIVOS.....	8
1.3.4    HIPOTESIS.....	9
1.3.5    VARIABLES.....	9
1.4    DISEÑO METODOLOGICO.....	10
1.4.1    POBLACION.....	10
1.4.2    MUESTRA.....	10
1.4.3    METODOS.....	10
1.4.4    MEDIOS.....	12
1.5    ALCANCE DE LA INVESTIGACION.....	13
CAPITULO II REVISION TEORICA.....	14
2.1    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
2.2    CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO VEHICULAR.....	15
2.2.1    PARÁMETROS MACROSCÓPICOS.....	15
2.2.2    PARÁMETROS MICROSCÓPICOS.....	16
2.3    MODELACIÓN DEL TRÁFICO.....	17
2.4    FLUJO DISCONTINUO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	18
2.4.1    Headways de entrada.....	18
2.4.2    Tasa de flujo de saturación y tiempo perdido.....	20
2.5    CARACTERÍSTICAS DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	21
2.5.1    Tipos de semaforización.....	23
2.6    TEORÍA DE COLAS.....	23
2.7    CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO.....	27
2.7.1    Capacidad en intersecciones semaforizadas.....	27
2.7.2    Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas.....	27
CAPITULO III METODOLOGIAS DE LA INVESTIGACION.....	29



3.1	METODOLOGÍA DEL MANUAL DE CAPACIDAD DE CARRETERAS HCM 2000.....	29
3.1.1	DATOS DE ENTRADA.....	30
3.1.2	AJUSTE DE LA DEMANDA.....	31
3.1.3	AJUSTE DE LA OFERTA.....	33
3.1.4	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y LA RELACIÓN V/C.....	38
3.1.5	MEDIDAS DE EFICIENCIA.....	39
3.2	CARACTERÍSTICAS DE SYNCHRO 8.....	48
3.2.1	Ajuste de la Demanda.....	48
3.2.2	Ajuste de la Oferta.....	48
3.2.3	Determinación de la Capacidad.....	48
3.2.4	Determinación de las Medidas de eficiencia.....	49
CAPITULO IV APLICACIÓN PRÁCTICA DE LAS METODOLOGIAS .....		54
4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	54
4.2	SELECCIÓN DE LAS ZONAS DE ANÁLISIS .....	54
4.2.1	Intersección Av. La Paz y Av. Belgrano.....	55
4.2.2	Intersección Av. Potosí y Calle Junín.....	55
4.2.3	Intersección Calle Gral. Trigo y Calle 15 de Abril.....	56
4.2.4	Intersección Calle Gral. Trigo y Calle Ingavi.....	57
4.3	DETERMINACION DE HORAS PICO.....	58
4.4	MEDICIÓN DE FASES DE LOS SEMÁFOROS.....	61
4.5	AFOROS DE TRÁFICO.....	62
4.5.1	Clasificación.....	62
4.1.2	CONTEOS DE VEHÍCULOS.....	63
4.1.3	DEPURACION DE DATOS DE VOLUMEN DE TRÁFICO.....	70
Fuente Synchro 8.....		82
4.10	VARIACIONES OBSERVADAS EN CAMPO.....	93
4.10.1	ANALISIS DE COLAS.....	93
4.10.2	ESTACIONAMIENTOS.....	95
4.11	ALTERNATIVAS DE SOLUCION.....	97
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		105
BIBLIOGRAFIA.....		106

---

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables fundamentales en intersecciones semaforizadas.....	22
Tabla 2. Nivel de servicio en intersecciones Semaforizadas.....	28
Tabla 3. Relacion entre el tipo de llegada y la relacion peloton.....	30
Tabla 4 Grupo de Carrizos tipicos.....	32
Tabla 5. Factores de ajuste.....	37
Tabla 6. Factor de ajuste por coordinacion.....	42
Tabla 7. Horas Pico.....	61
Tabla 8 Semaforizacion actual.....	61
Tabla 9 Semaforizacion actual.....	61
Tabla 10 Semaforizacion actual.....	62
Tabla 11 Semaforizacion actual.....	62
Tabla 12 Equivalencia de vehiculos.....	64
Tabla 13 Resumen de aforos.....	64
Tabla 14 Resumen de aforos.....	65
Tabla 15 Resumen de aforos.....	65
Tabla 16 Resumen de aforos.....	66
Tabla 17 Resumen de aforos.....	66
Tabla 18 Resumen de aforos.....	67
Tabla 19 Resumen de aforos.....	67
Tabla 20 Resumen de aforos.....	68
Tabla 21 Resumen de aforos.....	68
Tabla 22 Resumen de aforos.....	69
Tabla 23 Resumen de aforos.....	69
Tabla 24 Aforos finales.....	71
Tabla 25 Aforos finales.....	71
Tabla 26 Aforos finales.....	71
Tabla 27 Aforos finales.....	71
Tabla 28 Aforos finales.....	72
Tabla 29 Aforos finales.....	72
Tabla 30 Aforos finales.....	72
Tabla 31 Aforos finales.....	72
Tabla 32 Aforos finales.....	73
Tabla 35 Aforos finales.....	73
Tabla 36 Planilla de ajuste de la demanda.....	74
Tabla 37 Planilla de ajuste de oferta.....	74
Tabla 38 Planilla de estimacion Fit.....	75
Tabla 39 Tasa de flujo de saturacion.....	76
Tabla 40 Capacidad.....	77
Tabla 42 Analisis de capacidad.....	78
Tabla 43 Nivel de servicio.....	79