

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE CAPACIDAD VEHICULAR Y
LA SEMAFORIZACIÓN DE ROTONDAS EN LA AVENIDA
CIRCUNVALACIÓN”**

Por:

ALEX GIOVANY ILLESCAS TORREZ

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

SEMESTRE I- 2021
TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE CAPACIDAD VEHICULAR Y
LA SEMAFORIZACIÓN DE ROTONDAS EN LA AVENIDA
CIRCUNVALACIÓN”**

Por:

ALEX GIOVANY ILLESCAS TORREZ

SEMESTRE I - 2021

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozávez

**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

M. Sc. Ing. Trinidad C. Baldiviezo Montalvo

M. Sc. Ing. Fernando E. Mur Lagraba

M. Sc. DAEN. Ing. Antonio Calvimontes Calvimontes

ADVERTENCIA

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.

DEDICATORIAS:

A mis padres por haberme forjado con buenos principios y valores; mucho de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades motivándome constantemente para alcanzar cada uno de mis anhelos.

A mis hermanos y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a **DIOS**, quien fue mi guía y me dio la fortaleza para seguir adelante ante las adversidades que la vida me puso.

A mis docentes por sus enseñanzas, pues gracias a sus conocimientos proporcionados pude llevar a cabo el desarrollo de mi presente proyecto.

PENSAMIENTO:

La confianza en sí mismo es el primer secreto del éxito.

Ralph Waldo Emerson.

ÍNDICE

ADVERTENCIA

DEDICATORIA.

AGRADECIMIENTO.

RESUMEN.

CAPITULO I

GENERALIDADES

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE APLICACIÓN	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. Situación problemática.....	3
1.3.2. Problema.....	3
1.4. OBJETIVOS DE PROYECTO DE APLICACIÓN.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.4.3. Hipótesis.....	5
1.5. Operación de las variables.....	5
1.5.1. Variables independientes.....	5
1.5.2. Variables dependientes.....	5
1.6. Diseño metodológico.....	5
1.6.1. Identificación del tipo de investigación.....	5
1.6.1.1. Investigación aplicada	5
1.6.2. Unidades de estudio y decisión muestra.....	6
1.6.3. Métodos y técnicas empleadas	6

1.6.3.1. Métodos y procesos de aplicación.....	6
1.6.3.2. Técnicas empleadas.....	7
1.6.3.3. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información.....	8
1.7. Alcance.....	9
1.7.1. Alcance general.....	9
1.7.2. Alcance específico.....	10

CAPITULO II

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERIA DE TRAFICO

	Página
2.1. DEFINICIONES.....	11
2.2. OBJETIVO Y ALCANCE DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO.....	11
2.2.1. Características del tráfico.....	11
2.2.2. Reglamentación del tráfico.....	12
2.2.3. Señalamiento y dispositivos de control.....	12
2.2.4. Planificación vial.....	12
2.2.5. Administración.....	12
2.3. SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE TRÁFICO.....	12
2.3.1. Solución integral.....	13
2.3.2. Solución parcial de alto costo.....	13
2.3.3. Solución parcial de bajo costo.....	13
2.4. ELEMENTOS DEL TRÁFICO.....	14
2.4.1. Elemento usuario.....	14
2.4.2. Elemento vehículo.....	15
2.4.3. Elemento vía.....	16

2.5. PARÁMETROS DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO.....	17
2.5.1. Velocidad (V).....	17
2.5.2. Volumen de tráfico.....	17
2.5.3. Distribución y composición del volumen de tráfico.	21
2.5.4. Densidad vehicular.....	21
2.6. ROTONDA.	21
2.6.1. Ventajas de una rotonda.	23
2.6.2. Desventajas de una rotonda.....	23
2.6.3. Tipos de intersecciones rotatorias	24
2.6.3.1. Mini rotondas	24
2.6.3.2. Rotonda simple.....	25
2.6.3.3. Rotondas múltiples.....	25
2.6.4. Parámetros geométricos	25
2.6.4.1. Vehículo de proyecto.....	25
2.6.4.2. Isla central	26
2.6.4.3. Entrada.....	26
2.6.4.4. Salidas	26
2.6.4.5. Visibilidad	27
2.6.4.6. Otros parámetros	27
2.6.5. Criterios de diseño geométrico.....	27
2.7. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO EN ROTONDAS.	28
2.7.1. Factores que afectan a la capacidad y a los niveles de servicio.	28
2.7.2. Nivel de Servicio (NS).	29
2.8. DEFINICIÓN Y FUNCIÓN DE LOS SEMÁFOROS.....	33
2.8.1. Clasificación de los semáforos.	33

2.8.2. Componentes de un semáforo	34
2.8.3. Función de los colores.....	34
2.8.4. Ubicación de los semáforos.....	35
2.8.5. Ciclos y fases.....	38
2.9. INTERSECCIONES CON SEMÁFOROS BAJO CONDICIONES DE CIRCULACIÓN DISCONTINUA.	42
2.9.1. Análisis de la capacidad de intersecciones con semáforo.	42
2.9.2. Análisis del nivel de servicio de intersecciones con semáforos.	45
2.9.3. Metodología del análisis operacional de intersecciones con semáforo	47
2.9.4. Capacidad y N. S. en intersecciones sin semáforo con el método HCM.	62

CAPITULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LAS ROTONDAS EN EL TRAMO

	Página
3.1. ENFOQUE DE LA APLICACIÓN.	67
3.2. UBICACIÓN DE LOS TRAMOS DE APLICACIÓN.....	68
3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OPERACIONALES EN EL TRAMO EN ESTUDIO.....	69
3.4. MEDICIÓN DE VOLÚMENES EN LOS DIFERENTES ACCESOS EN LA ROTONDAS DE ESTUDIO.....	71
3.4.1. Procedimiento.....	72
3.4.2. Proceso de aforación.	72
3.4.3. Resultados de los aforos.....	72
3.5. MEDICIÓN DE LOS TIEMPOS DE CICLO Y FASES EN SEMÁFOROS.	84
3.5.1. Procedimiento.....	84
3.6. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO.	86

3.6.1. Capacidad y nivel de servicio con semáforo.	86
3.6.2. Resultados.	90
3.6.3. Capacidad y nivel de servicio sin semáforo.	110
3.7. PLANTEAMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LOS SEMÁFOROS.	130
3.7.1. Redimensionamiento de tiempos de ciclos y fases.	130
3.7.2. Recalculo de la capacidad y nivel de servicio.	133
3.8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	137
3.8.1. Rotonda del Hito (mástil).	137
3.8.2. Rotonda la Torre Petrolera.	137
3.8.3. Rotonda La Hollada.	139
3.8.4. Rotonda del Avión.	140
3.8.5. Rotonda de Juan XXIII.	142
3.8.6. Rotonda av. Roberto Romero.	143
3.8.7. Efecto de los peatones en el trabajo realizado.	145
3.9. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA.	146
3.9.1. Diseño.	147
3.9.2. Señales a implementar.	147
3.9.3. Localización de la señalización a implementar.	147
3.9.4. Presupuesto general.	148
3.9.5. Especificaciones técnicas.	148
3.9.6. CÓMPUTOS MÉTRICOS.	153
3.9.7. COSTO DE LA OBRA.	154

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1. CONCLUSIONES.....	155
4.2. RECOMENDACIONES.	160
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 1. Esquema básico de una intersección tipo rotonda.	22
Figura N° 2. Ejemplo de nivel de servicio A.....	30
Figura N° 3. Ejemplo de nivel de servicio B.....	30
Figura N° 4. Ejemplo de nivel de servicio C.....	31
Figura N° 5. Ejemplo de nivel de servicio D.....	31
Figura N° 6. Ejemplo de nivel de servicio E.....	32
Figura N° 7. Ejemplo de nivel de servicio F.	32
Figura N° 8. Componentes de un semáforo.	34
Figura N° 9. Grupos de carriles habituales para su análisis.	53
Figura N° 10. Abacos del manual de Ingeniería de tránsito.....	63
Figura N°11. Ubicación de los puntos de estudio.....	69
Figura N° 12. Aforos rotonda del Hito, (martes, jueves y sábado).....	73
Figura N° 13. Aforos rotonda la Torre Petrolera, (lunes, miércoles y sábado)	75
Figura N° 14. Aforos rotonda La Hollada, (lunes, miércoles y sábado).....	77
Figura N° 15. Aforos rotonda del Avión, (lunes, miércoles y sábado).....	79
Figura N° 16. Aforos rotonda de Juan XXIII, (martes, jueves y domingo).	81
Figura N° 17. Aforos rotonda av. Roberto Romero, (martes, jueves y domingo).....	83
Figura N° 18. Volúmenes y giros rotonda del Hito (Mástil)	90
Figura N° 19. Volúmenes y giros rotonda la Torre petrolera.....	95
Figura N° 20. Volúmenes y giros rotonda La Hollada.	100
Figura N° 21. Volúmenes y giros rotonda de Juan XXIII.....	105
Figura N° 22. Volúmenes empleados rotonda del Avión acceso sin semáforo.....	111
Figura N° 23. Volúmenes empleados rotonda av. Roberto Romero acc. Sin semaforo.	112
Figura N° 24. Vol. críticos diseño tiempo de semaforización rotonda Torre Petrolera.....	130
Figura N° 25. Histograma N. S. actual y nuevo rotonda la Torre Petrolera.....	138
Figura N° 26. Histograma N. S. actual y nuevo rotonda La Hollada.	140
Figura N° 27. Histograma N. S. actual rotonda del Avión.....	141
Figura N° 28. Histograma N. S. actual rotonda de Juan XXIII.....	143
Figura N° 29. Histograma N. S. actual rotonda av. Roberto Romero.....	144
Figura N° 30. Ejemplo de señales verticales a implementar.	148

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1. Clasificación de vehículos según la (A.B.C.).	16
Tabla N° 2. Criterios de diseño geométrico.	27
Tabla N° 3. Volumen mínimo de vehículos.	36
Tabla N° 4. Volúmenes mínimos por demoras en calle secundaria.	36
Tabla N° 5. Volumen mínimo de vehículos y peatones.	37
Tabla N° 6. Criterios de N. S. para intersecciones reguladas por semáforos.	47
Tabla N° 7. Relación entre el tipo de llegada y la Relación de columna (R_c).	50
Tabla N° 8. Val. sustitutivos omisión para análisis de circulación y planteamiento.	51
Tabla N° 9. Factores sustitutivos por omisión de utilización de carril.	54
Tabla N° 10 Factor de ajuste por ancho de carril (f_A).	55
Tabla N° 11. Factor de ajuste por vehículos pesados (f_{VP}).	56
Tabla N° 12. Factor de ajuste por pendientes de acceso (f_p).	56
Tabla N° 13. Factores de ajustes por estacionamiento (f_E).	57
Tabla N° 14. Factores de ajustes por paradas de autobuses (f_B).	57
Tabla N° 15. Factores de ajustes por localización de la intersección (f_L).	57
Tabla N° 16. Factores de ajustes por giros a la derecha (f_{MD}).	58
Tabla N° 17 Factores de ajustes por giros a la izquierda (f_{MI}).	58
Tabla N° 18. Factor de ajustes (FD) por demora uniforme.	61
Tabla N° 19. Criterios para el nivel de servicio.	66
Tabla N° 20. Resultados horas pico rotonda más crítica la Torre Petrolera.	72
Tabla N° 21. Resultado volúmenes veh/hr. Rotonda del Hito (Mastil)	74
Tabla N° 22. Resultado volúmenes veh/hr. Rotonda la Torre Petrolera	76
Tabla N° 23. Resultado volúmenes veh/hr. Rotonda La Hollada.	78
Tabla N° 24. Resultado volúmenes veh/hr. Rotonda del Avión.	80
Tabla N° 25. Resultado volúmenes veh/hr. Rotonda de Juan XXIII.	82
Tabla N° 26. Resultado volúmenes veh/hr. Rotonda av. Roberto Romero.	84
Tabla N° 27. Tiempos de ciclo y fases rotonda del Hito (Mastil).	85
Tabla N° 28. Tiempos de ciclo y fases rotonda la Torre Petrolera.	85
Tabla N° 29. Tiempos de ciclo y fases rotonda La Hollada.	85

Tabla N° 30. Tiempos de ciclo y fases rotonda de Juan XXIII.....	85
Tabla N° 31. Módulo entrada de volumen y geometría rotonda del Hito (Mastil).	90
Tabla N° 32. Formulario modelo de ajustes y volumen rotonda del Hito (Mastil).....	91
Tabla N° 33. Formulario modelo de flujo de saturación rotonda del Hito (Mastil).....	92
Tabla N° 34. Formulario modelo de análisis capacidad rotonda del Hito (Mastil).....	93
Tabla N° 35. Formulario modelo de análisis y N. S. rotonda del Hito (Mastil).....	94
Tabla N° 36. Módulo entrada de volumen y geometría rotonda Torre Petrolera.....	95
Tabla N° 37. Formulario modelo de ajustes y volumen rotonda Torre Petrolera..	96
Tabla N° 38. Formulario modelo de flujo de saturación rotonda Torre Petrolera..	97
Tabla N° 39. Formulario modelo de análisis y capacidad rotonda Torre Petrolera..	98
Tabla N° 40. Formulario modelo y análisis N. S. rotonda Torre Petrolera.....	99
Tabla N° 41. Módulo entrada de volumen y geometría rotonda La Hollada.	100
Tabla N° 42. Formulario modelo de ajustes y volumen rotonda La Hollada.....	101
Tabla N° 43. Formulario modelo de flujo y saturación rotonda La Hollada.....	102
Tabla N° 44. Formulario modelo de análisis y capacidad rotonda La Hollada.....	103
Tabla N° 45. Formulario modelo de análisis y N. S. rotonda La Hollada.....	104
Tabla N° 46. Módulo entrada de volumen y geometría rotonda Juan XXIII.	105
Tabla N° 47. Formulario modelo de ajustes y volumen rotonda Juan XXIII.....	106
Tabla N° 48. Formulario modelo de flujo y saturación rotonda Juan XXIII.	107
Tabla N° 49. Formulario modelo de análisis y capacidad rotonda Juan XXIII.	108
Tabla N° 50. Formulario modelo de análisis y N. S. rotonda Juan XXIII.	109
Tabla N° 51. Modulo entrada de volumen y geometria rotonda del Avion	112
Tabla N° 52. Cálculo de la capacidad y N. S. rotonda del Avion..	112
Tabla N° 53. Modulo entrada de volumen y geometria rotonda Roberto Romero..	113
Tabla N° 54. Calculo de la capacidad y N. S. rotonda Roberto Romero.	113
Tabla N° 55. Flujo de saturacion rotonda del Avion.....	114
Tabla N° 56. Diseño del tiempo de ciclo y fases rotonda del Avion	117
Tabla N° 57. Modulo entrada de volumen y geometria rotonda del Avion.	117
Tabla N° 58. Formulario modelo de ajustes y volumen rotonda del Avion	118
Tabla N° 59. Formulario modelo de flujo y saturacion rotonda del Avion.....	119
Tabla N° 60. Formulario modelo de analisis y capacidad rotonda del Avion.....	120

Tabla N° 61. Formulario modelo de analisis y N. S. rotonda del Avión.....	121
Tabla N° 62. Flujo de saturacion rotonda av. Roberto Romero.	122
Tabla N° 63. Diseño del tiempo de ciclo y fases rotonda av. Roberto Romero.....	125
Tabla N° 64. Modulo entrada de volumen y geometria rotonda av. Roberto Romero...	125
Tabla N° 65. Formulario modelo de ajustes y volumen rotonda av. Roberto Romero..	126
Tabla N° 66. Formulario modelo de flujo y saturacion rotonda av. Roberto Romero...	127
Tabla N° 67. Formulario modelo de analisis y capacidad av. Roberto Romero..	128
Tabla N° 68. Formulario modelo de analisis y N. S. rotonda av. Roberto Romero.....	129
Tabla N° 69. Nuevo diseño de tiempos de ciclo y fases rotonda la Torre Petrolera	132
Tabla N° 70. Formulario modelo del nuevo analisis y capacidad la Torre Petrolera.....	133
Tabla N° 71. Formulario modelo de analisis y N. S. rotonda la Torre petrolera..	134
Tabla N° 72. Nuevo diseño de tiempos de ciclo y fases rotonda La Hollada.	135
Tabla N° 73. Formulario modelo nuevo análisis y capacidad rotonda La Hollada.....	135
Tabla N° 74. Formulario modelo del nuevo análisis y N. S. rotonda La Hollada.....	136
Tabla N° 75. Análisis situación actual de la capacidad rotonda del Hito (Mastil).....	137
Tabla N° 76. Análisis situación actual y nueva capacidad rotonda Torre Petrolera.	138
Tabla N° 77. Análisis situación actual y nueva capacidad rotonda La Hollada.....	139
Tabla N° 78. Análisis de la capacidad y Nivel de Servicio rotonda del Avión.....	141
Tabla N° 79. Analisis situacion actual y nueva capacidad rotonda del Avión.....	142
Tabla N° 80. Análisis situación actual de la capacidad rotonda de Juan XXIII.....	142
Tabla N° 81. Analisis de capacidad y N. S. rotonda av. Roberto Romero.....	143
Tabla N° 82. Análisis situación actual y nueva capacidad rotonda Roberto Romero....	144
Tabla N° 83. Señales horizontales a implementar.....	147
Tabla N° 84. Señales verticales a implemmentar	147
Tabla N° 85. Items de obra.....	148
Tabla N° 86. Computos metricos señalizacion horizontal.	153
Tabla N° 87. Computos metricos.	153
Tabla N° 88. Presupuesto general.	154