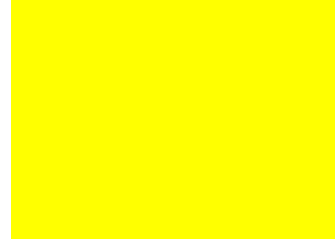


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES  
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE INGENIERÍA – MENCIÓN TRANSPORTE



**CAPACIDAD DE ROTONDAS: CALIBRACIÓN DEL MODELO DEL HCM2010  
A CONDICIONES LOCALES**

Autor: Lic. Gotoniel J. Flores Castellano

Director: Prof. MSc. Ing. Jorge J. Galarraga  
Co – Director: Prof. Mag. Inga. Violeta Depiante

TESIS DE MAESTRIA EN TRANSPORTE

CIUDAD DE CÓRDOBA - ARGENTINA  
NOVIEMBRE 2013

## CAPACIDAD DE ROTONDAS: CALIBRACIÓN DEL MODELO DEL HCM2010 A CONDICIONES LOCALES

### ÍNDICE

GLOSARIO	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
Agradecimientos	xiv
Resumen	xv
Abstract	xv
<b>1. INTRODUCCION.</b>	<b>1</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	1
1.2. OBJETIVOS.	3
1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.	3
1.4. ESTRUCTURA DEL TRABAJO.	5
<b>2. MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA.</b>	<b>7</b>
2.1. GENERALIDADES DE ROTONDAS.	7
2.2. TIPOS DE ROTONDAS.	8
2.2.1. Mini-rotonda.	8
2.2.2. Rtonda de un solo carril.	8
2.2.3. Rotondas Multicarriles.	9
2.3. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.	9
2.3.1. Efecto del flujo de tránsito y comportamiento del conductor.	10
2.3.2. Efecto de la geometría.	10
2.4. OPERACIÓN DE ROTONDAS.	14
2.5. MODELOS DE ROTONDAS.	15
2.6. INTERVALO CRÍTICO Y DE SEGUIMIENTO.	17
2.6.1. Intervalo Crítico.	17
2.6.2. Intervalo de Seguimiento.	18
2.6.3. Método de Máxima Verosimilitud para la estimación del $t_c$ .	18
2.6.4. Método de Medición Directa para la estimación del $t_f$ .	20
2.6.5. Método de Regresión Lineal para la estimación conjunta del $t_c$ y $t_f$ .	20
2.6.6. Método de regresión a partir de los valores de C y $V_C$ medidos.	21
2.6.7. Factores de Ajuste del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ).	22
2.7. MODELOS DE CAPACIDAD TEÓRICA Y DE CAMPO.	23
2.7.1. Modelo de Capacidad Teórica.	24
2.7.2. Modelos de estimación de Capacidad en Campo.	24
2.7.2.1. Modelos de estimación cuando existe cola continua.	24
2.7.2.2. Modelos de estimación cuando no existe cola continua.	25
2.8. CONSIDERACIONES FINALES.	25
<b>3. MODELO DE CAPACIDAD DEL HCM2010.</b>	<b>27</b>
3.1. GENERALIDADES.	27
3.2. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD.	28
3.3. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE CAPACIDAD.	30
3.4. AJUSTE PARA EL TRÁNSITO MIXTO.	31
3.5. EFECTO DE LOS PEATONES EN LA OPERACIÓN DE LA ENTRADA.	31
3.6. RELACIÓN VOLUMEN – CAPACIDAD.	32
3.7. IMPACTO DE LOS VEHÍCULOS QUE SALEN.	33
3.8. CONSIDERACIONES FINALES.	33
<b>4. DISPOSITIVO DE MEDICIÓN “TDC ULTRA”.</b>	<b>34</b>
4.1. GENERALIDADES.	34
4.2. OPERACIÓN DEL EQUIPO.	35

4.3. TIPOS DE ESTUDIOS QUE EFECTUA EL EQUIPO.	37
4.3.1. Estudio de movimientos de giro estándar (TM).	37
4.3.2. Estudio de clasificación de vehículos (CL).	37
4.3.3. Estudio de demoras en intersección semaforizada (DL).	38
4.3.4. Estudios de intervalo multi-dirección (GAP).	39
4.3.5. Estudios de tasa de saturación (SF).	39
4.3.6. Estudios de demoras en intersección con señales de pare (SD).	40
4.3.7. Estudios de velocidad (SS).	40
4.3.8. Estudios de movimientos en rotonda (RA).	41
4.3.9. Estudio de registro de tiempo (TS).	42
4.4. SOFTWARE PETRAPro.	42
4.4.1. Generalidades.	42
4.4.2. Navegación en el PETRAPro.	42
4.4.3. Estudios de Movimientos en Rotondas (RA).	44
4.4.4. Estudios de Marca de Tiempo (TS).	46
4.4.5. Relevamiento con el TDC Ultra.	47
5. RELEVAMIENTO DE DATOS DE CAMPO.	49
5.1. GENERALIDADES.	49
5.2. DESCRIPCIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO.	49
5.3. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ROTONDAS.	49
5.3.1. Rotonda “Nudo Vial Mitre” (RNM 2c – 2e).	50
5.3.2. Rotonda “Rodríguez del Busto” (RRB 2c – 2e).	51
5.3.3. Rotonda “Lino Spilimbergo” (RLS 2c – 1e).	53
5.3.4. Rotonda “Avenida Goycochea – Avenida Bordereau” (RGB 1c – 1e).	55
5.3.5. Resumen de los parámetros geométricos de las rotondas.	56
6. PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO.	57
6.1. ESTIMACIÓN DEL INTERVALO CRÍTICO MEDIANTE EL MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD.	57
6.2. ESTIMACIÓN DEL INTERVALO DE SEGUIMIENTO MEDIANTE MEDICIÓN DIRECTA POR PROMEDIO DE INTERVALOS.	58
6.3. ESTIMACIÓN CONJUNTA DEL INTERVALO CRÍTICO Y DEL INTERVALO DE SEGUIMIENTO MEDIANTE REGRESIÓN LINEAL.	59
6.4. ESTIMACIÓN CONJUNTA DEL INTERVALO CRÍTICO Y DE SEGUIMIENTO POR REGRESIÓN LINEAL A PARTIR DE VALORES DE C y $V_c$ .	62
6.4.1. Con cola continua.	63
6.4.2. Sin cola continua.	63
6.4.3. Combinación de RNM y RRB (2c – 2e).	65
6.4.4. Comparación de la aplicación de ambos métodos.	65
6.4.5. Comparación de los registros obtenidos con el “TDC Ultra” en la Rotonda “RNM 2c – 2e”.	66
6.5. FACTORES DE AJUSTE DE LOS INTERVALOS POR LA PRESENCIA DE VEHÍCULOS PESADOS.	68
6.5.1. Factor de ajuste del $t_c$ por presencia de vehículos pesados.	68
6.5.2. Factor de ajuste del $t_f$ por presencia de vehículos pesados.	69
6.6. RESUMEN DE $t_c$ Y $t_f$ OBTENIDOS.	70
6.6.1. Resultados y comparación entre todas las rotondas.	70
6.6.1.1. Método de Máxima Verosimilitud ( $t_c$ ) y Medición Directa ( $t_f$ ).	70
6.6.1.2. Método de Regresión Lineal.	70
6.6.1.3. Método de Regresión Lineal de los valores de $V_c$ y C.	71
6.6.2. Resultados y comparación en cada rotonda específica.	71
6.6.2.1. RNM 2c – 2e.	71
6.6.2.2. RRB 2c – 2e.	72
6.6.2.3. Combinación 2c – 2e.	72
6.6.2.4. RLS 2c – 1e.	72

6.6.2.5. RGB 1c – 1e.	72
6.7. ANALISIS ESTADÍSTICOS E INTERVALOS DE CONFIANZA.	73
6.8. COMPARACIÓN DE LOS INTERVALOS LOCALES, HCM2010 Y OTROS PAISES.	74
6.8.1. Comparación de intervalos obtenidos por el método de Máxima Verosimilitud y Medición Directa.	75
6.8.1.1. Rotondas 2c – 2e.	75
6.8.1.2. Rotondas 2c – 1e.	77
6.8.1.3. Rotondas 1c – 1e.	77
6.8.2. Análisis de las comparaciones.	78
6.9. CONSIDERACIONES FINALES.	79
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	81
7.1. CONCLUSIONES.	81
7.1.1. Conclusiones de la Calibración del modelo de capacidad del HCM2010.	81
7.1.1.1. Capacidad Estimada	81
7.1.1.2. Consideraciones finales.	83
7.1.2. Conclusiones Generales.	83
7.1.2.1. Respecto a los métodos de determinación del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ).	83
7.1.2.2. Respecto a los resultados del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ) en las rotondas de Córdoba y su comparación con otros países.	87
7.1.2.3. Respecto a los valores del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ) estimados a partir de mediciones con el TDC Ultra.	87
7.1.2.4. Respecto a los efectos de la geometría en la estimación del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ).	88
7.1.2.5. Respecto a los efectos de los vehículos pesados en la estimación del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ).	89
7.1.2.6. Respecto a los efectos de las motos en la estimación del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ).	89
7.1.2.7. Respecto a los valores del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ) obtenidos en condiciones de cola continua y sin cola.	90
7.2. RECOMENDACIONES.	90
7.2.1. Recomendaciones a la Calibración del modelo de capacidad del HCM2010.	90
7.2.2. Recomendaciones generales.	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	93
ANEXO “A”: Estimación del $t_c$ por Máxima Verosimilitud.	96
ANEXO “B”: Estimación del $t_f$ por promedio de Medición Directa.	117
ANEXO “C”: Base de Datos para estimar el $t_c$ y $t_f$ por regresión lineal de “t” y “n”.	121
ANEXO “D”: Base de Datos para estimar el $t_c$ y $t_f$ a partir de la regresión lineal de los valores de $V_c$ y C.	128
ANEXO “E”: Base de Datos para comparar los valores de $t_c$ y $t_f$ a partir de los valores de $V_c$ y C con cola continua y sin cola.	133
ANEXO “F”: Curvas de Capacidad con los coeficientes “A” y “B” obtenidos a partir de los valores de $t_c$ y $t_f$ obtenidos por los diferentes métodos.	136
ANEXO “G”: Análisis Estadístico	142
ANEXO “H”: Comparación de intervalos locales con otros países.	150

## GLOSARIO

1c – 1e	Configuración en el ingreso de una rotonda donde existe un carril de circulación y uno de entrada.
2c – 1e	Configuración en el ingreso de una rotonda donde existen dos carriles de circulación y uno de entrada.
2c – 2e	Configuración en el ingreso de una rotonda donde existen dos carriles de circulación y dos de entrada.
Ancho de entrada	Ancho medio de calzada en la entrada de la rotonda o línea de parada.
aphpc	Autos por hora por carril
C	Capacidad.
Capacidad	Tasa máxima de flujo de vehículos que se puede esperar que atraviesen una sección en un carril durante un período determinado en condiciones prevalecientes.
Capacidad de Entrada	Capacidad ofrecida en la línea de “ceda el paso” durante un período específico de tiempo.
Carriles de circulación	Es la calzada alrededor de la isla central sobre la que circulan los vehículos en sentido anti-horario.
Ceda el paso	Control de una intersección en la que el tránsito controlado debe detenerse sólo si el tránsito de mayor prioridad está presente.
Círculo inscrito	Es el área circular dentro de una rotonda formada desde el borde exterior de la calzada circulatoria. Su diámetro es el parámetro básico usado para definir el mayor tamaño de una rotonda.
Cola	Columna de vehículos, bicicletas o personas en espera para ser servidas por el sistema en el que la velocidad de flujo desde la parte delantera de la cola determina la velocidad media dentro de esta. La dinámica interna de la cola puede implicar una serie de arranques y paradas.
Conflicto	Lugar donde dos vehículos o un vehículo y un peatón o bicicleta, convergen, divergen o cruzan.
Demora de control	Demora experimentada por los vehículos en una intersección debido a los movimientos a velocidades más bajas y a las paradas.
Demora geométrica	Demora causada por la alineación del carril o de la trayectoria que toma el vehículo en una carretera o en una intersección.
Derecho de paso	Prioridad de un usuario sobre otros en una intersección.
Entrada	Parte de un camino que conduce a una rotonda.
$E_T$	Vehículos livianos equivalentes a camiones.
FDOT	Florida Department of Transportation.
$f_G$	Factor de ajuste por pendiente.

$f_{HV}$	Factor de ajuste por vehículos pesados.
FHWA	Federal Highway Administration (Administración Federal de carreteras de Estados Unidos de Norteamérica).
HCM2000	Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos de Norteamérica, (Highway Capacity Manual) versión 2000.
HCM2010	Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos de Norteamérica, (Highway Capacity Manual) versión 2010.
Intersección	Área de cruce de dos o más caminos.
Intervalo crítico	Mínimo intervalo necesario entre los vehículos que circulan (en segundos) para que un auto en el carril de entrada pueda ingresar en la rotonda.
Intervalo de seguimiento	Intervalo entre dos vehículos consecutivos que entran utilizando el mismo intervalo del tránsito conflictivo.
Isla central	Estructura central circular elevada o marcada en la intersección, rodeada por los carriles de circulación.
Isleta	Estructura (isla) que separa las ramas de entrada y de salida de tránsito en la rotonda, diseñada para canalizarlo.
Línea “ceda el paso”	Una línea marcada en el carril de entrada donde los vehículos deben esperar un espacio aceptable en el tránsito de circulación, para poder entrar en la rotonda.
M	Metros.
M.D.	Medición Directa.
M.V.	Método de Máxima Verosimilitud.
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program (Programa Nacional de Cooperación en investigación de carreteras de Estados Unidos de Norteamérica).
Prioridad	Concesión del derecho de paso a un flujo de tránsito o movimiento particular.
$P_T$	Proporción de vehículos pesados en el tránsito (en decimales).
RGB 1c – 1e	Rotonda “Goycochea – Bodereau” con un carril circulando y uno en la entrada analizada.
R.L.	Método de Regresión Lineal.
RLS 2c – 1e	Rotonda “Lino Spilimbergo” con dos carriles circulando y uno en la entrada analizada.
RNM 2c – 2e	Rotonda “Nudo Vial Mitre” con dos carriles circulando y dos en la entrada analizada.
RRB 2c – 2e	Rotonda “Rodríguez del Busto” con dos carriles circulando y dos en la entrada analizada.

---

Rotonda	Es una intersección de dos o más calles, generalmente de forma circular, que se ha diseñado en torno a una isla central.
Rotonda multicarril	Es una que tiene más de un carril al menos en una entrada y al menos en algún sector de la calzada de circulación.
s	Segundos.
$t_c$	Intervalo crítico (s).
$t_f$	Intervalo de seguimiento (s).
Tránsito circulante	Flujo de vehículos en los carriles de circulación.
TRB	Transportation Research Board (Comité de investigación en Transporte de Estados Unidos de Norteamérica).
TWSC	Two Way Stop Controlled Intersections (Intersecciones no semaforizadas controladas por dos señales de pare en los accesos secundarios).
$V_c$	Volumen conflictivo (vph).
Volumen conflictivo	Volumen de vehículos en los carriles de circulación que pasan frente de una entrada y generan conflictos con los vehículos que intentan ingresar a la rotonda.
Volumen de entrada	Volumen total en la entrada de una rotonda durante un período de tiempo dado.
vph	Vehículos por hora.
vphpc	Vehículos por hora por carril.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características de Diseño entre los tipos de Rotondas según FHWA (2000).	12
Tabla 2.2. Características de diseño entre los tipos de Rotondas según la DNV Argentina (2010).	13
Tabla 3.1. Intervalo crítico y de seguimiento del Modelo de Capacidad del HCM2010.	30
Tabla 3.2. Rangos de $t_c$ y $t_f$ recomendados en el HCM2000.	30
Tabla 4.1. Asignación de teclas a los movimientos en el TDC Ultra.	47
Tabla 4.2. Comparación de los volúmenes obtenidos mediante el uso del TDC Ultra y por conteo manual.	48
Tabla 5.1. Características geométricas de las rotondas.	56
Tabla 6.1. Resumen de intervalos críticos para cada rotonda y carril obtenido por Máxima Verosimilitud.	58
Tabla 6.2. Resumen de intervalos de seguimiento para cada rotonda y carril obtenido por promedios de intervalos.	58
Tabla 6.3. Resumen de intervalos críticos y de seguimiento para cada rotonda y carril obtenido por regresión lineal.	59
Tabla 6.4. Regresión Lineal a partir de $V_c$ y $C$ en la Rotonda “RNM 2c – 2e”.	63
Tabla 6.5. Regresión Lineal a partir de $V_c$ y $C$ en las Rotondas “RRB 2c – 2e”, “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e”.	63
Tabla 6.6. Regresión Lineal a partir de $V_c$ y $C$ en las rotondas “2c – 2e”.	65
Tabla 6.7. Comparación de los $t_c$ y $t_f$ obtenidos durante cola y sin cola continua.	65
Tabla 6.8. Comparación de los valores de “A” y “B” obtenidos por ambos métodos.	66
Tabla 6.9. Valores de $t_c$ y $t_f$ a partir de la regresión lineal de $V_c$ y $C$ obtenidos con el TDC Ultra.	66
Tabla 6.10. Valores de $t_c$ y $t_f$ a partir de la regresión lineal de $V_c$ y $C$ obtenidos por conteo manual.	67
Tabla 6.11. Comparación de $t_c$ y $t_f$ calculados por regresión de $V_c$ y $C$ (TDC Ultra y Conteo Manual)	67
Tabla 6.12. Comparación de los coeficientes “A” y “B” a partir de los $t_c$ y $t_f$ obtenidos (TDC Ultra y Conteo Manual).	68
Tabla 6.13. Valores de $t_c$ y $t_f$ de todas las rotondas por M.V. y M.D.	70
Tabla 6.14. Valores de $t_c$ y $t_f$ de todas las rotondas por Regresión Lineal.	71
Tabla 6.15. Resultados de $t_c$ y $t_f$ de todas las rotondas a partir de $V_c$ y $C$ .	71
Tabla 6.16. Comparación por métodos de $t_c$ y $t_f$ en la RNM 2c – 2e.	71
Tabla 6.17. Comparación por métodos de $t_c$ y $t_f$ en la RRB 2c – 2e.	72
Tabla 6.18. Comparación por métodos de $t_c$ y $t_f$ en la Combinación 2c – 2e.	72
Tabla 6.19. Comparación por métodos de $t_c$ y $t_f$ en la RLS 2c – 1e.	72
Tabla 6.20. Comparación por métodos de $t_c$ y $t_f$ en la RGB 1c – 1e.	73
Tabla 6.21. Resultados de las pruebas de hipótesis sobre las varianzas y las medias entre las rotondas “RNM 2c – 2e”, “RRB 2c – 2e” y “Comb. 2c – 2e”.	73
Tabla 6.22. Resultados de las pruebas de hipótesis sobre las varianzas y las medias entre las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e”.	74
Tabla 6.23. Intervalos críticos y de seguimiento de otros países.	75
Tabla 6.24. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril izquierdo en rotondas	75



(2c – 2e) de Córdoba y otros países.	
Tabla 6.25. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril derecho en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.	76
Tabla 6.26. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (2c – 1e) de Córdoba y del HCM2010.	77
Tabla 6.27. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (1c – 1e) de Córdoba y otros países.	77
Tabla 7.1. Valores de $t_c$ y $t_f$ locales para la calibración del Modelo del HCM2010.	82
Tabla 7.2. Valores de los coeficientes A y B locales para la calibración del Modelo del HCM2010.	82
Tabla 7.3. Valores de $t_c$ y $t_f$ locales recomendados para la calibración del Modelo del HCM2010.	91
Tabla 7.4. Valores de los coeficiente “A” y “B” locales recomendados para la calibración del Modelo del HCM2010.	91
Tabla A.1. Base de Datos Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Izquierdo.	96
Tabla A.2. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Derecho.	102
Tabla A.3. Rotonda RRB 2c – 2e, Carril Izquierdo.	106
Tabla A.4. Rotonda RRB 2c – 2e, Carril Derecho.	110
Tabla A.5. Rotonda RLS 2c – 1e.	111
Tabla A.6. Rotonda RGB 1c – 1e.	114
Tabla B.1. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Izquierdo (n = 1021).	117
Tabla B.2. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Derecho (n = 1204).	118
Tabla B.3. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Izquierdo (pesados) (n = 14).	119
Tabla B.4. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Derecho (pesados) (n = 13).	119
Tabla B.5. Rotonda RRB 2c – 2e, Carril Izquierdo (n = 511).	119
Tabla B.6. Rotonda RRB 2c – 2e, Carril Derecho (n = 167).	119
Tabla B.7. Rotonda RLS 2c – 1e (n = 203).	120
Tabla B.8. Rotonda RGB 1c – 1e (n = 197).	120
Tabla C.1. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Izquierdo.	121
Tabla C.2. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Derecho.	123
Tabla C.3. Rotonda RRB 2c – 2e, Carril Izquierdo.	125
Tabla C.4. Rotonda RRB 2c – 2e, Carril Derecho.	126
Tabla C.5. Rotonda RLS 2c – 1e.	127
Tabla C.6. Rotonda RGB 1c – 1e.	127
Tabla D.1. Rotonda RNM 2c – 2e: Registros de 1 minuto cada uno con cola continua.	128
Tabla D.2. Rotonda RRB 2c – 2e: Registros del método sin cola continua.	129
Tabla D.3. Rotonda RLS 2c – 1e: Registros del método sin cola continua.	131
Tabla D.4. Rotonda RGB 1c – 1e: Registros del método sin cola continua.	132
Tabla E.1. Rotonda RNM 2c – 2e: Registros de un minuto cada uno con cola continua (Siete minutos).	133
Tabla E.2. Rotonda RNM 2c – 2e: Registros de acuerdo al método sin cola continua (Siete minutos).	134
Tabla G.1. Pruebas de Varianzas para las muestras de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e”.	142
Tabla G.2. Prueba de medias del $t_f$ del carril derecho en las muestras de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e” con varianzas iguales.	143

Tabla G.3. Prueba de medias de los $t_c$ y del $t_f$ del carril izquierdo en las muestras de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e” con varianzas desiguales.	144
Tabla G.4. Pruebas sobre las varianzas de las muestras de las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e”.	145
Tabla G.5. Prueba sobre las medias del $t_f$ de las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e” con varianzas iguales.	146
Tabla G.6. Prueba de medias de los $t_c$ en las muestras de las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e” con varianzas desiguales.	146
Tabla G.7. Pruebas sobre las varianzas de las muestras de las rotondas “RNM 2c – 1e” y la Combinación “2c – 2e”.	147
Tabla G.8. Prueba sobre las medias del $t_f$ de las rotondas “RNM 2c – 2e” y la Combinación “2c – 2e” con varianzas iguales.	147
Tabla G.9. Pruebas sobre las varianzas de las muestras de las rotondas “RRB 2c – 1e” y la Combinación “2c – 2e”.	148
Tabla G.10. Prueba de medias de los $t_c$ en las muestras de las rotondas “RRB 2c – 2e” y la Combinación “2c – 2e” con varianzas desiguales.	149
Tabla G.11. Prueba sobre las medias del $t_f$ de las rotondas “RRB 2c – 2e” y la Combinación “2c – 2e” con varianzas iguales.	149
Tabla H.1. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril izquierdo en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.	150
Tabla H.2. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril derecho en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.	151
Tabla H.3. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (2c – 1e) de Córdoba y del HCM2010.	151
Tabla H.4. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (1c – 1e) de Córdoba y otros países.	152
Tabla H.5. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril izquierdo en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.	153
Tabla H.6. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril derecho en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.	154
Tabla H.7. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (2c – 1e) de Córdoba y del HCM2010.	154
Tabla H.8. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (1c – 1e) de Córdoba y otros países.	155

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema de la metodología utilizada para la investigación.	4
Figura 1.2. Esquema de la estructura de la investigación.	6
Figura 2.1. Elementos geométricos de una rotonda.	7
Figura 2.2. Funcionamiento de una rotonda.	14
Figura 3.1. Modelo de Capacidad del HCM2010.	29
Figura 4.1. Equipo TDC Ultra de JAMAR Technologies.	34
Figura 4.2. Teclas del TDC Ultra de JAMAR Technologies.	35
Figura 4.3. Visualización en pantalla del menú principal.	35
Figura 4.4. Visualización en pantalla del sub-menú "COUNT".	35
Figura 4.5. Visualización en pantalla del sub-menú "NEW".	36
Figura 4.6. Visualización en pantalla de la selección de la duración de intervalo o periodo de medición.	36
Figura 4.7. Visualización en pantalla durante un estudio.	37
Figura 4.8. Tablero del aparato para el registro de movimientos.	37
Figura 4.9. Plantilla de clasificación (FHWA Scheme F).	38
Figura 4.10. Plantilla de clasificación personalizada.	38
Figura 4.11. Plantilla para estudio de demora en intersección semaforizada.	39
Figura 4.12. Plantilla para estudio de intervalo.	39
Figura 4.13. Plantilla para estudio de tasa de saturación.	40
Figura 4.14. Plantilla para estudio de demora en intersección con señal "pare".	40
Figura 4.15. Plantilla para estudio de velocidad.	41
Figura 4.16. Plantilla para estudio de movimientos en rotondas.	42
Figura 4.17. Vista de la pantalla de inicio del PETRAPro.	43
Figura 4.18. Barra de Herramientas.	43
Figura 4.19. Menús desplegables (opciones de menú).	43
Figura 4.20. Archivo de estudio "RA".	44
Figura 4.21. Reporte con todos los datos del estudio RA.	44
Figura 4.22. Reporte gráfico con los datos del estudio RA.	45
Figura 4.23. Reporte gráfico de ancho variable con los datos del estudio RA.	45
Figura 4.24. Dibujo para el estudio RA.	46
Figura 4.25. Archivo de estudio "TS".	46
Figura 4.26. Registro de Vc y C obtenidos con el TDC Ultra.	47
Figura 5.1. Fotografía de la Rotonda "RNM 2c – 2e".	50
Figura 5.2. Plano de planta de la Rotonda "RNM 2c – 2e".	51
Figura 5.3. Fotografía de la Rotonda "RRB 2c – 2e".	52
Figura 5.4. Plano de planta de la Rotonda "RRB 2c – 2e".	52
Figura 5.5. Fotografía de la Rotonda "RLS 2c – 1e".	53
Figura 5.6. Plano de planta de la Rotonda "RLS 2c – 1e".	54
Figura 5.7. Fotografía de la Rotonda "RGB 1c – 1e".	55
Figura 5.8. Plano de planta de la Rotonda "RGB 1c – 1e".	56
Figura 6.1. Curva de Regresión "RNM 2c – 2e", Carril Izquierdo	60
Figura 6.2. Curva de Regresión "RNM 2c – 2e", Carril Derecho.	60
Figura 6.3. Curva de Regresión "RRB 2c – 2e", Carril Izquierdo.	60
Figura 6.4. Curva de Regresión "RRB 2c – 2e", Carril Derecho	61
Figura 6.5. Curva de Regresión "Combinación 2c – 2e", Carril Izquierdo.	61
Figura 6.6. Curva de Regresión "Combinación 2c – 2e", Carril Derecho.	61

Figura 6.7. Curva de Regresión “RLS 2c – 1e”.	62
Figura 6.8. Curva de Regresión “RGB 1c – 1e”.	62
Figura 6.9. Curvas de regresión a partir de $V_C$ y C de la Rotonda “RNM 2c – 2e”.	63
Figura 6.10. Curvas de regresión a partir de $V_C$ y C de la Rotonda “RRB 2c – 2e”.	64
Figura 6.11. Curvas de regresión a partir de $V_C$ y C de la Rotonda “RLS 2c – 1e”.	64
Figura 6.12. Curvas de regresión a partir de $V_C$ y C de la Rotonda “RGB 1c – 1e”.	64
Figura 6.13. Curvas de regresión a partir de $V_C$ y C de la combinación 2c – 2e.	65
Figura 6.14. Curvas de regresión de $V_C$ y C medidos con el TDC Ultra (10 minutos).	67
Figura 6.15. Curvas de regresión de $V_C$ y C a partir del conteo manual (10 minutos).	67
Figura 6.16. Curvas de Capacidad del carril izquierdo (2c – 2e) por M.V. y M.D. en Córdoba y otros países.	76
Figura 6.17. Curvas de Capacidad del carril derecho (2c – 2e) por M.V. y M.D. en Córdoba y otros países.	76
Figura 6.18. Curvas de Capacidad del carril de entrada (2c – 1e) por M.V. y M.D. en Córdoba y del HCM2010.	77
Figura 6.19. Curvas de Capacidad del carril de entrada (1c – 1e) por M.V. y M.D. en Córdoba y otros países.	78
Figura 7.1. Calibración del Modelo del HCM2010 a condiciones locales.	82
Figura 7.2. Comparación de $t_c$ y $t_f$ por métodos en el carril izquierdo de RNM 2c – 2e.	84
Figura 7.3. Comparación de $t_c$ y $t_f$ por métodos en el carril derecho de RNM 2c – 2e.	85
Figura 7.4. Comparación de $t_c$ y $t_f$ por métodos en el carril izquierdo de RRB 2c – 2e.	85
Figura 7.5. Comparación de $t_c$ y $t_f$ por métodos en el carril derecho de RRB 2c – 2e.	85
Figura 7.6. Comparación de $t_c$ y $t_f$ por métodos en la RLS 2c – 1e.	86
Figura 7.7. Comparación de $t_c$ y $t_f$ por métodos en la RGB 1c – 1e.	86
Figura 7.8. Calibración recomendada del Modelo del HCM2010 a condiciones locales.	91
Figura E.1. Rotonda RNM 2c – 2e: Curva de regresión de los registros con cola continua (Siete minutos).	133
Figura E.2. Rotonda RNM 2c – 2e: Curva de regresión de los registros sin cola continua (Siete minutos).	135
Figura F.1. Curvas de Capacidad de las rotondas determinadas por el método de Máxima Verosimilitud y Medición Directa.	136
Figura F.2. Curvas de Capacidad de las rotondas determinadas por el método de Regresión Lineal.	136
Figura F.3. Curvas de Capacidad de las rotondas determinadas por regresión lineal de $V_C$ y C.	137
Figura F.4. Curvas de Capacidad por métodos en el carril izquierdo de RNM 2c – 2e.	137
Figura F.5. Curvas de Capacidad por métodos en el carril derecho de RNM 2c – 2e.	138
Figura F.6. Curvas de Capacidad por métodos en el carril izquierdo de RRB 2c – 2e.	138
Figura F.7. Curvas de Capacidad por métodos en el carril derecho de RRB 2c – 2e.	139
Figura F.8. Curvas de Capacidad por métodos en el carril izquierdo de la combinación 2c – 2e.	139
Figura F.9. Curvas de Capacidad por métodos en el carril derecho de la combinación 2c – 2e.	140
Figura F.10. Curvas de Capacidad por métodos en el carril de entrada de RLS 2c – 1e.	140

Figura F.11. Curvas de Capacidad por métodos en el carril de entrada de RGB 1c – 1e.	141
Figura H.1. Curvas de Capacidad del carril izquierdo (2c – 2e) por regresión lineal de “t” y “n” en Córdoba y otros países.	150
Figura H.2. Curvas de Capacidad del carril derecho (2c – 2e) por regresión lineal de “t” y “n” en Córdoba y otros países.	151
Figura H.3. Curvas de Capacidad del carril de entrada (2c – 1e) por regresión lineal de “t” y “n” en Córdoba y del HCM2010.	152
Figura H.4. Curvas de Capacidad del carril de entrada (1c – 1e) por regresión lineal de “t” y “n” en Córdoba y otros países.	152
Figura H.5. Curvas de Capacidad del carril izquierdo (2c – 2e) por regresión lineal de “V <sub>C</sub> ” y “C” en Córdoba y otros países.	153
Figura H.6. Curvas de Capacidad del carril derecho (2c – 2e) por regresión lineal de “V <sub>C</sub> ” y “C” en Córdoba y otros países.	154
Figura H.7. Curvas de Capacidad del carril de entrada (2c – 1e) por regresión lineal de “V <sub>C</sub> ” y “C” en Córdoba y del HCM2010.	155
Figura H.8. Curvas de Capacidad del carril de entrada (1c – 1e) por regresión lineal de “t” y “n” en Córdoba y otros países.	155

## ***Agradecimientos***

La realización de este trabajo fue posible debido a la contribución de muchas personas, quienes con sus valiosos aportes, sugerencias, estímulos y disposición lograron que el mismo llegara a un feliz término. En primer lugar, a Dios Todopoderoso por inspirar mis pensamientos y encaminar mis actuaciones. Al Profesor Ingeniero Jorge Galarraga, que con su paciencia y apoyo incondicional, guió en todo momento el desarrollo de este trabajo. A la Ingeniera Violeta Depiante, quien aportó orientaciones, datos significativos y siempre estuvo, oportunamente, dispuesta a ayudarme. A los docentes de la Maestría en Transporte, por su receptividad en contribuir con sus conocimientos para la elaboración del trabajo de manera tan amena y detallista, favoreciendo de ese modo con el logro de los objetivos de este trabajo. A mi esposa e hijos, Samira, Victoria y Victor, que con ayuda desinteresada, inagotable tolerancia y confianza hacia mis capacidades, sembraron las fuerzas para alcanzar la meta trazada. Muy especialmente a todas aquellas personas y compañeros de estudios que prestaron su colaboración y dedicación absoluta. Y por último, pero no menos importante, a la casa de estudios, Universidad Nacional de Córdoba (UNC), por brindarme la oportunidad de ingresar a sus aulas y permitirme construir un peldaño más de la escalera hacia muchos otros objetivos. A todos, mis más sinceros agradecimientos.

## **Resumen**

El presente trabajo se orientó al estudio de las rotondas, específicamente en la calibración del Modelo de Capacidad del “Highway Capacity Manual 2010” a las condiciones locales de la Provincia de Córdoba – Argentina. Para lograr tal fin se realizó una investigación bibliográfica y de campo de tipo descriptivo. El estudio fue efectuado en cuatro rotondas de la provincia a los fines de caracterizarlas. Se efectuaron varias filmaciones en horas de mayor tránsito, para extraer muestras representativas y calcular los parámetros de calibración del modelo. Estos parámetros son el intervalo crítico y el intervalo de seguimiento. En referencia a los procedimientos utilizados, se empleó el método de “Máxima Verosimilitud”, la “Regresión Lineal” y la Medición Directa para obtener los parámetros de calibración del modelo de capacidad del HCM2010. Se empleó el equipo portátil de recopilación manual de datos, el TDC Ultra de Jamar Technologies, para registrar en algunos períodos de tiempo, volúmenes de tránsito y comparar con las mediciones realizadas de manera tradicional. En el desarrollo del presente trabajo se observó que es posible adecuar el modelo de capacidad del HCM2010 mediante la consideración del comportamiento del conductor local dentro de los parámetros indicados. Se concluye que a través de una comparación con el modelo planteado por el HCM2010 y las mediciones hechas en otros países, los conductores locales presentan intervalos crítico y de seguimiento menores, lo que genera una capacidad mayor. Se plantean un conjunto de recomendaciones para futuros estudios o trabajos que contemplen la adecuación de modelos a condiciones particulares.

## **Abstract**

This research work is intended to study the roundabouts, specifically for the purposes of calibrating the Capacity Model from “Highway Capacity Manual 2010” to local conditions of the Córdoba Province, Argentina. During this research, both, bibliographical research and descriptive field work were used as methodologies to reach the declared goal. The field study was developed in four province’s roundabouts in order to be able to characterize them. At the same time, filming was made in rush hour traffic to obtain a representative sample and to estimate the calibration parameters. These specific parameters are the Critical Gap and the Follow-up Headway. Maximum Likelihood Method, Linear Regression and Direct Measurement were chosen as proceedings to obtain the calibration parameters of the capacity model from HCM2010. In the same way, by using the portable equipment for manual data gathering, Jamar Technologies’s TDC Ultra, it was possible to register some traffic volumes and to compare with measurements performed with traditional procedures. During this research work, it was possible to appreciate that the Capacity Model from HCM2010 can be calibrated on the basis of the local driver behavior, in the context of the proposed parameters. Through comparison of the model proposed in HCM2010 and measurements made in others countries, this investigation allowed to reach the conclusion that local drivers have smaller critical and follow-up intervals, which generate a greater capacity. Finally, several recommendations are presented for those cases of studies and works including the adaptation of models to particular circumstances in the future.

## 1. INTRODUCCION.

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En cualquier parte del mundo, un sistema de transporte está formado por un conjunto de modos que operan en aire, agua y tierra, de acuerdo a horarios y procedimientos establecidos; en donde se hacen esfuerzos para desarrollarlos coherente con las necesidades. Una de las modalidades principales es el transporte por carreteras, que en la mayoría de los casos integra al resto de los modos. La carretera es el sistema dominante del transporte de pasajeros y una de las más importantes en el caso de carga. Un sistema de carreteras consiste en una red de caminos que cumplen diferentes funciones y dan servicio a áreas de desarrollo del suelo. Las carreteras proveen a las personas grandes facilidades, en especial la libertad de desplazarse de un lugar a otro a voluntad y cuando convenga. Sin embargo, sus atributos positivos van de la mano de muchos aspectos negativos, como podrían ser la congestión, demoras, accidentes, contaminación.

Para que este sistema opere correctamente debe haber una adecuada integración de los componentes vehículo, conductor y camino, así como su interacción con otros elementos, como lo es el peatón; todo esto dirigido a asegurar el mejoramiento de la capacidad y seguridad del modo. A través de los estudios del tránsito se pueden identificar las características relevantes y definir los problemas relacionados a la operación de las carreteras. El flujo de tránsito es fundamental para desarrollar estrategias dirigidas al control de tramos de carreteras y de las intersecciones.

Es sabido que el tránsito fluye razonablemente bien cuando es menor que la capacidad de la vía; sin embargo, se presentan problemas de congestión y demora cuando éste se acerca o iguala a la capacidad. De manera que, este fenómeno es de primordial importancia en la planificación, diseño y la operación de las carreteras y las intersecciones (Cal y Mayor, 2007). Visto de esta forma, deberá contarse con un análisis de la capacidad de éstas, en función de que se pueda desalojar el flujo de tránsito bajo ciertas condiciones prevalecientes. Hay que señalar que, en estas condiciones, los conductores o usuarios tendrán una percepción de la buena o mala calidad de la circulación, lo que indicará el nivel de desempeño de la vía desde el punto de vista del usuario, conocido también como "Nivel de Servicio".

Uno de los principales objetivos en la ingeniería de tránsito es que se proporcionen instalaciones en carreteras que operen a niveles de servicio aceptables para sus usuarios. Estos niveles permitirán reconocer aquellos sitios donde pudiesen requerirse mejoras, bien sea en los tramos de carreteras o en las intersecciones.

Una intersección es un área compartida por dos o más caminos y su principal función es posibilitar el cambio de dirección de la ruta (Garber y Hoel, 2007). De modo que la intersección variará su complejidad en función de los números de caminos que se crucen. Por consiguiente, todas las intersecciones serán áreas donde aparecerán muchos puntos de conflicto tanto para vehículos como para peatones. Entre las soluciones para resolver los cambios de alineamientos en intersecciones a nivel y reducir significativamente el número y la gravedad de los conflictos, se encuentran las rotondas.



La rotonda es una intersección de forma circular en la que el tránsito se desplaza hacia la izquierda (en los países donde el tránsito circula por el lado derecho) en torno a una isla central y para su correcto funcionamiento se debe cumplir que el tránsito que va a entrar en ella, debe ceder el paso al tránsito que circula dentro de la misma (National Cooperative Highway Research Program Report 672, 2010). Además de las características señaladas, dentro de su geometría debe existir cierta curvatura y condiciones deseables para inducir determinadas velocidades vehiculares.

Existen diversas metodologías para calcular la capacidad en las rotondas, fundamentadas en una larga trayectoria de investigación teórica y empírica. Entre ellas, se destaca la descrita en el capítulo 21 del Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos de Norteamérica (HCM2010). De acuerdo a este manual, la eficiencia en la operación del tránsito de vehículos en una rotonda está determinada por parámetros que influyen en su capacidad. Estas variables son, por un lado, el intervalo crítico ( $t_c$ ) que es el mínimo intervalo del flujo conflictivo que necesita un vehículo para entrar a la rotonda. Por otro lado, el intervalo de seguimiento ( $t_f$ ), representa el tiempo entre vehículos en cola de la rama de aproximación, que ingresan en la rotonda en un mismo intervalo crítico de la corriente conflictiva o circulante.

Por consiguiente, para conocer con relativa exactitud la capacidad de la rotonda, se deben precisar los valores de  $t_c$  y  $t_f$ , que a su vez dependen de las condiciones locales de circulación del lugar bajo estudio, del comportamiento de los conductores, de las condiciones del tránsito y de la respectiva geometría.

Actualmente, en la Provincia de Córdoba, Argentina, existen muchas rotondas empleadas para mejorar la distribución de los flujos de tránsito en vías de considerable jerarquía. Es importante entonces, conocer la capacidad de dichas instalaciones a fin de que se pueda estimar su desempeño y sirva de herramienta para la toma de decisiones en probables acciones de mejoramiento.

Sin embargo, se observa que el problema fundamental radica en que este modelo de capacidad no se ha comprobado de manera local para las condiciones en Córdoba y las características de sus conductores. En este trabajo se busca representar las condiciones locales a través de la metodología del modelo de capacidad del HCM2010, por lo que surgen las siguientes interrogantes: ¿Cuáles serán los fundamentos de operación de las rotondas y del modelo del HCM2010?, ¿Cuáles serían los valores del  $t_c$  y del  $t_f$  en las rotondas de Córdoba para las condiciones existentes?, ¿De qué forma pueden determinarse estos valores?, ¿cómo es el comportamiento del conductor o los valores de estos intervalos en función de estudios en otras localidades?, ¿Cuáles serían los coeficientes que definirían el modelo del HCM2010 para las rotondas de Córdoba?, y por último, ¿qué consideraciones permitirán calibrar el modelo a las condiciones locales?

Dentro de este marco, cobra gran importancia la adecuación de esta metodología, a fin de que a futuro puedan describirse las medidas de desempeño de las rotondas locales, como insumo esencial para los trabajos de planificación, diseño y operación de las redes viales en la provincia.

Cabe mencionar que, la Maestría en Ciencias de la Ingeniería mención en Transporte de la Universidad Nacional de Córdoba, ha adquirido recientemente el equipo de medición portátil "TDC Ultra", con el que se puede efectuar diferentes tipos de estudios de tránsito, entre ellos el registro de movimientos y volúmenes en rotondas, pudiéndose plantear su aplicación en la determinación del  $t_c$  y  $t_f$ .

Debe advertirse que esta investigación se ha delimitado al estudio de las rotondas en el ámbito urbano de la ciudad de Córdoba Capital y de Villa Allende, teniéndose como premisa, la condición imprescindible de que cumplan los principios de operación básicos que aplican para las rotondas.

## 1.2. OBJETIVOS.

Como objetivo general de este trabajo, se plantea ajustar la metodología para la determinación de capacidad en rotondas del HCM2010, mediante la estimación de parámetros de cálculo relevantes que representen apropiadamente las condiciones locales de la Provincia de Córdoba, Argentina, en el caso de rotondas de un solo carril y multicarriles.

Los objetivos específicos propuestos son los siguientes:

- a) Examinar mediante una revisión bibliográfica, los conceptos y fundamentos de las rotondas y la capacidad de las mismas.
- b) Establecer los valores del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ) en los accesos de entrada de las rotondas para las condiciones locales de tránsito mediante mediciones directas in situ y procesamientos correspondientes a las diferentes metodologías disponibles.
- c) Describir las funciones del TDC Ultra y aplicarlo para medir volumen conflictivo ( $V_c$ ) y capacidad ( $c$ ) en condiciones de cola continua.
- d) Definir los coeficientes de cálculo del modelo del HCM2010, en condiciones locales y su consecuencia en la capacidad.
- e) Comparar los valores del intervalo crítico y de seguimiento estimados para condiciones locales con los empleados en otros países.
- f) Efectuar las recomendaciones pertinentes que permitan la adecuación de los coeficientes de cálculo de capacidad a las condiciones locales.

Los aspectos a desarrollar favorecerán el estudio de situaciones particulares de cálculo de rotondas, utilizando la metodología del Manual de Capacidad de los Estados Unidos de Norte América en su versión del año 2010 con parámetros representativos de las condiciones locales.

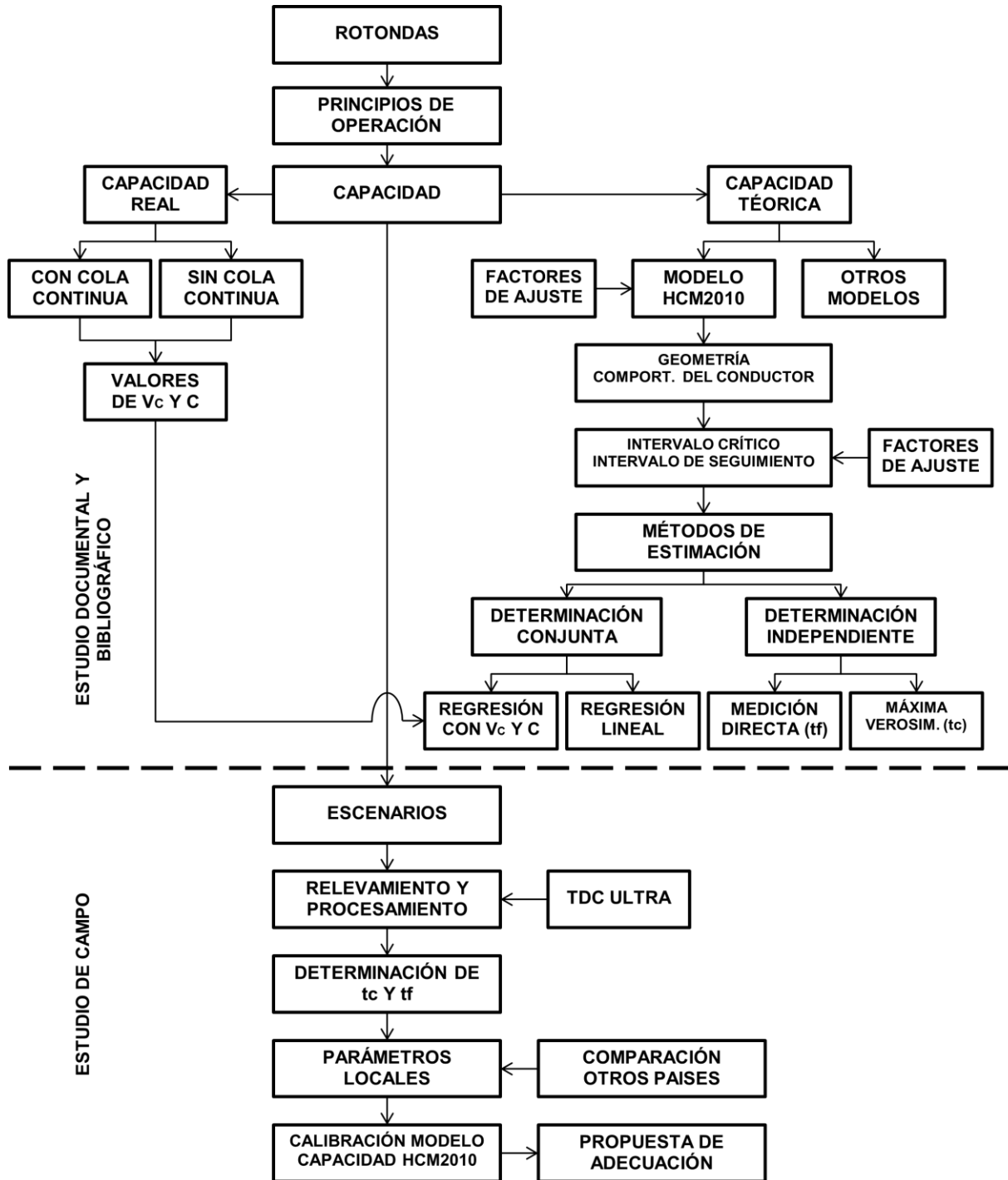
## 1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Para alcanzar los objetivos propuestos, se emplea una metodología de trabajo que desarrolla los siguientes aspectos:

- a) La revisión bibliográfica que permite caracterizar los parámetros requeridos en la metodología de estudios de capacidad y la conformación del marco teórico.
- b) Un estudio de las condiciones locales de operación de las rotondas especificadas, a través de un relevamiento y un posterior manejo estadístico.
- c) Análisis de los datos y de los resultados que serán procesados para determinar su aporte en el logro de los objetivos.
- d) Aplicación y evaluación de las alternativas de calibración en base al cálculo de los parámetros necesarios.
- e) Conclusiones en función de los procedimientos utilizados, de las comparaciones con resultados de otros países, del uso del equipo TDC Ultra y de los efectos de la geometría, de pesados y de motos.
- f) Recomendaciones para la aplicación de los procedimientos para calibrar el modelo de capacidad del HCM2010 a casos particulares.

En la Figura 1.1 se esquematiza el procedimiento utilizado para desarrollar la presente investigación:

Figura 1.1. Esquema de la metodología utilizada para la investigación.



#### 1.4. ESTRUCTURA DEL TRABAJO.

El presente trabajo se desarrolla en siete capítulos y ocho anexos. El presente Capítulo 1 que concierne a la introducción del trabajo. En este se identifica el problema a estudiar, así como la motivación que llevo a su investigación. Asimismo, se aborda el objetivo general y los específicos, el alcance del trabajo y su delimitación. Finalmente se plantea una metodología para el desarrollo de la investigación y la estructura de la tesis.

En el Capítulo 2 se desarrolla el marco teórico y la revisión bibliográfica referidos a los aspectos de las rotondas, sus generalidades, tipos y principios de operación. Igualmente, se tratan las metodologías existentes para estimar su capacidad, así como el peso de los intervalos de aceptación y de seguimiento en la estimación de esta. Se abordan los conceptos de intervalo crítico y de seguimiento, como también los diferentes métodos para estimarlos, los modelos de capacidad teóricos y de campo, y los factores de ajustes respectivos.

En el Capítulo 3 se expone el modelo de Capacidad del HCM2010 utilizado para la determinación de los parámetros señalados y las capacidades en rotondas. El Capítulo 4 describe de forma general las características del equipo de medición portátil TDC Ultra de JAMAR Technologies, Inc. y del software PETRAPro para el análisis de datos de tránsito y la elaboración de informes. Se describe la forma de operarlos y los tipos de estudios que pueden efectuarse.

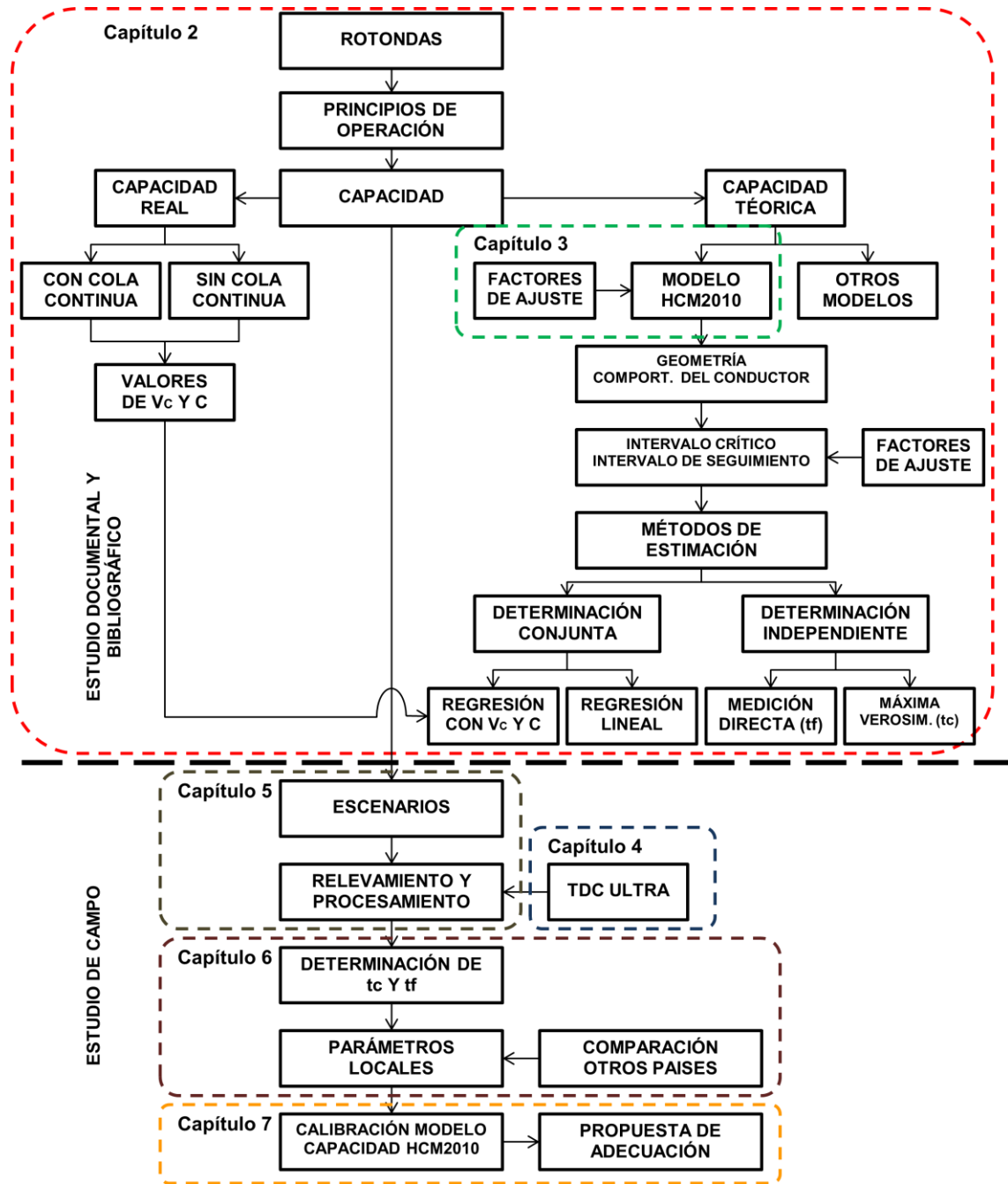
En el Capítulo 5 se describe el relevamiento de datos en campo, así como la ubicación y las características de las rotondas estudiadas. El Capítulo 6 comprende el procesamiento de los datos, a los fines de efectuar la calibración del modelo del HCM2010. Del mismo modo, se tratan los factores de ajuste y el análisis estadístico, obteniéndose un resumen y una comparación de los  $t_c$  y  $t_f$ .

En el Capítulo 7 se explica el proceso de calibración de las rotondas a condiciones locales, con los resultados obtenidos de los estudios tratados en capítulos anteriores. De igual modo, se compendian las conclusiones de la modelación y se establecen algunas recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas. Finalmente, se indican las referencias bibliográficas utilizadas en la presente investigación y los anexos.

- El “ANEXO A” consiste en la presentación de los datos utilizados en la estimación del  $t_c$  por Máxima Verosimilitud.
- En el “ANEXO B” se presentan los datos para la estimación del  $t_f$  por promedio de Medición Directa.
- En el “ANEXO C” se muestra la base de datos para estimar el  $t_c$  y  $t_f$  por regresión lineal de “ $t$ ” y “ $n$ ”.
- El “ANEXO D” contiene la base de datos para estimar el  $t_c$  y  $t_f$  a partir de la regresión lineal de los valores de  $V_C$  y  $C$ .
- En el “ANEXO E” se muestra la base de datos para comparar los valores de  $t_c$  y  $t_f$  a partir de los valores de  $V_C$  y  $C$  con y sin cola continua.
- En el “ANEXO F” se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes “A” y “B” obtenidos a partir de los valores de  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos por los diferentes métodos.
- En el “ANEXO G” se hace el análisis estadístico de los datos obtenidos.
- El “ANEXO H” contiene la comparación de intervalos locales con otros países.

En la Figura 1.2 se esquematiza nuevamente el procedimiento utilizado para desarrollar la presente investigación, indicando los capítulos donde se tratan cada uno de los contenidos:

Figura 1.2. Esquema de la estructura de la investigación.



## 2. MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA.

En este capítulo se presenta una revisión bibliográfica, llevada a cabo para calibrar el modelo de capacidad del HCM2010 a las condiciones locales de Córdoba, Argentina. Las diferentes referencias bibliográficas y fuentes de información que aportan los conocimientos esenciales para el desarrollo del presente trabajo, se especifican en el aparte destinado a las referencias bibliográficas.

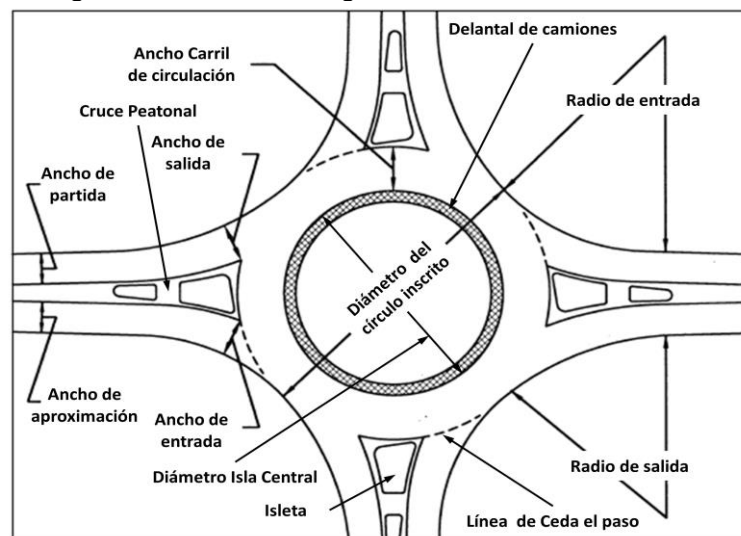
### 2.1. GENERALIDADES DE ROTONDAS.

Una rotonda es un anillo de flujo circulante en sentido anti-horario hacia donde convergen o divergen, distintas ramas que las interconectan con el resto del conjunto. En ellas, sólo hay maniobras divergentes y convergentes, por lo que no existen cruce (sólo con peatones), sino sólo entrecruzamientos.

Las rotondas simulan la operación de las turbinas hidráulicas, en donde se acelera el flujo interior, centrifugándolo para expulsar a una determinada velocidad y recién posibilitar el ingreso (Uribarren, 1999). La prioridad de paso es del que está girando en el anillo de circulación interno y no del que ingresa por la derecha.

En la Figura 2.1 se muestran los elementos de una rotonda según la FHWA (2000):

Figura 2.1. Elementos geométricos de una rotonda.



donde:

**Ancho de carril circulante:** es el ancho de la calzada para la circulación del vehículo alrededor de la isla central. Se mide como la distancia entre el borde exterior de este carril y la isla central. No incluye el ancho del delantal montable, el cual es considerado como parte de la isla central.

**Ancho de entrada:** es el ancho de la entrada a nivel del círculo inscrito. Se mide perpendicularmente desde el borde derecho de la entrada al punto de intersección de la línea de borde izquierdo y el círculo inscrito.

**Ancho de salida:** es el ancho de la salida a nivel del círculo inscrito. Se mide perpendicularmente desde el borde derecho de la salida hasta el punto de intersección de la línea de borde izquierdo y el círculo inscrito.

**Carril de circulación:** es el camino curvo utilizado por los vehículos que viajan hacia la derecha alrededor de la isla central.

**Cruces peatonales:** situados detrás de la línea de ceda el paso, corta la isleta divisora para permitir que los peatones, sillas de ruedas, bicicletas, etc., puedan pasar a través de esta.

**Delantal de camiones:** corresponde a la porción montable de la isla central adyacente a la calzada circulatoria, que puede utilizarse en pequeñas rotondas para permitir el paso de vehículos de gran tamaño.

**Diámetro del círculo inscrito:** es el parámetro básico que se utiliza para definir el tamaño de una rotonda. Se mide entre los bordes exteriores de la calzada circulatoria.

**Isla central:** es el área elevada en el centro de una rotonda alrededor de la cual circula el tránsito.

**Isleta:** es el área elevada o pintada sobre una rama, utilizada para separar la entrada y la salida de tránsito, desviar y frenar el tránsito que entra, y proporcionar espacio de almacenamiento para los peatones que cruzan en dos etapas.

**Línea de “Ceda el paso” o de parada:** es la demarcación en el pavimento empleada para indicar la línea de entrada al carril de circulación en una rama. Está generalmente marcada a lo largo del círculo inscrito. Los vehículos que van a ingresar en la rotonda, deben ceder el paso a todo el tránsito que circula desde la izquierda antes de cruzar esta línea.

**Radio de entrada:** es el radio mínimo de curvatura de la curva exterior en la entrada.

**Radio de salida:** es el radio de curvatura mínimo de la curva exterior en la salida.

## 2.2. TIPOS DE ROTONDAS.

Las rotondas se clasifican básicamente en tres tipos: mini-rotondas, rotondas de un carril o estándar y rotondas multicarriles (TRB NCHRP 672, 2010).

### 2.2.1. Mini-rotonda.

Las mini-rotondas son rotondas pequeñas con una isla central completamente montable y sus isletas son pintadas o montables. Son utilizadas para bajas velocidades en entornos urbanos. Pueden ser útiles en ambientes donde el diseño de una rotonda convencional está impedido por las limitaciones de derecho de paso. Las mini-rotondas son relativamente baratas, ya que requieren un pavimento mínimo adicional en las intersecciones y una menor ampliación en los bordes curvos de las esquinas. Para los objetivos de este trabajo, no se estudiarán las mini-rotondas.

### 2.2.2. Rotonda de un solo carril.

Este tipo de rotonda se caracteriza por tener una entrada de un solo carril en todas las ramas y un carril de circulación. Se distinguen de las mini-rotondas debido a los grandes diámetros de las islas centrales y porque éstas no son transitables. Su diseño permite velocidades ligeramente más altas en la calzada circulatoria y en la salida. El diseño geométrico por lo general incluye planteadas las islas divisorias y una isla central que no pueda ser recorrida por pasos de peatones. El tamaño de la rotonda está muy influenciado por la elección del vehículo de diseño y la disposición del derecho de paso.

### **2.2.3. Rotondas Multicarriles.**

Las rotondas multicarriles tienen al menos dos carriles de circulación o una entrada con dos o más carriles. En algunos casos, la rotonda puede tener un número diferente de carriles en una o más entradas (por ejemplo, dos carriles de entrada en la calle principal y un carril de entrada o salida en la calle secundaria). Las velocidades en la entrada, en la vía circulatoria y en la salida son similares o ligeramente superiores a las de las rotondas de un carril. El diseño geométrico incluye isletas divisorias, una isla central no transitable y la deflexión adecuada en la entrada de la rotonda.

### **2.3. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.**

La capacidad máxima de una rama de aproximación en una rotonda depende de dos factores: del volumen circulante o conflictivo con el volumen de entrada y los elementos geométricos de la rotonda. Cuando el volumen conflictivo es bajo, los conductores en la entrada son capaces de ingresar en la rotonda sin demora significativa. Los intervalos más grandes en el volumen conflictivo son más útiles para los conductores que entran y más de un vehículo puede entrar en cada una de ella. A medida que aumenta el flujo conflictivo, el tamaño de los intervalos disminuye y así como también la velocidad y las oportunidades de los vehículos para entrar. De esta forma, el rendimiento operativo de una rotonda es relativamente simple:

- Los conductores que entran deben ceder el paso a los vehículos que circulan y aceptar los intervalos en la corriente de tránsito conflictiva. Por lo tanto, el rendimiento operacional de una rotonda está directamente influenciado por los patrones de tránsito y las diferentes características de aceptación.
- Al igual que con otros tipos de intersecciones, el desempeño operacional de una rotonda, está directamente influenciada por su geometría (número de carriles, anchos, diámetro de la rotonda, etc.).

De acuerdo al NCHRP 672 (2010), es importante conocer algunas situaciones que pudiesen presentarse:

- Efecto de los vehículos que salen: además de los conflictos directos entre el flujo circulante con el volumen de entrada, el flujo de salida también puede afectar la decisión de un conductor para entrar en la rotonda. Hasta que estos conductores completen su maniobra de salida o de giro a la derecha, puede haber cierto grado de incertidumbre en la mente del conductor de la línea de “ceda el paso”, en relación a las intenciones de salir o de girar del vehículo que circula.
- Cambios en la prioridad efectiva: cuando los volúmenes del flujo de entrada y en conflicto son muy elevados, pudiese ocurrir una inversión prioritaria con la alteración y la pérdida de la eficiencia de la rotonda.
- Restricción de capacidad: durante un periodo de tiempo pudiera darse en una de las ramas de entrada, una restricción de la capacidad. Durante esta situación, la capacidad real aguas abajo del flujo circulante y de la entrada restringida será menor que la demanda.



- Efecto de los patrones de origen – destino: los patrones de origen – destino pueden tener una influencia en la capacidad de una rama de entrada específica.

### **2.3.1. Efecto del flujo de tránsito y comportamiento del conductor.**

La capacidad de una rama de entrada en una rotonda disminuye a medida que aumenta el flujo en conflicto. De forma general, el volumen conflictivo es el caudal circulante que pasa directamente delante de la entrada considerada. Cuando el volumen conflictivo se aproxima a cero, el máximo volumen de entrada está dado por 3.600 segundos por hora dividido por el intervalo de seguimiento, lo que es análogo al flujo de saturación para un movimiento que recibe verde en una intersección señalizada (TRB NCHRP572, 2007). Esto define el modelo de capacidad de la rotonda.

Cuando los conductores se acercan a la entrada de una rotonda deben tomar dos decisiones básicas: primero, seleccionar el carril apropiado para su destino, y segundo, “ceder el paso” a los que tienen prioridad, es decir a los que circulan por la rotonda. El proceso de toma de decisiones dentro de las rotondas es generalmente más complejo que para otros tipos de intersecciones, sobre todo porque el conductor no siempre puede ver la salida. Además, debido a que la intersección es curva, obliga a los conductores a cambiar poco a poco su dirección, lo que podría desorientar a los otros conductores sobre su origen y destino. Es por ello que el diseñador necesita proporcionar orientación adicional en la señalización y demarcación para ayudar a la navegación del conductor a través de esta.

La última de las decisiones mencionadas, “ceder el paso”, produce una negociación en varios puntos de la rotonda, pese a que está normalmente reglamentada la prioridad:

- Los conductores deben estar atentos a los ciclistas que intenten unirse al tránsito de vehículos por el lado derecho de la calzada o banquina.
- Los conductores deben ceder el paso a los peatones que cruzan en las entradas y en las salidas.
- Los conductores deben elegir un intervalo aceptable en el que puedan entrar dentro del flujo conflictivo de la rotonda.

Sin embargo, en comparación con otras intersecciones, una vez en la línea de parada, el conductor que entra en una rotonda puede centrar su atención por completo en la corriente de tránsito que se acerca desde la izquierda. A pesar de que la operación en una rotonda requiere aumento de la atención del usuario, las consecuencias de un error en éstas son menos graves en contraste con otras intersecciones (FHWA, 2000).

### **2.3.2. Efecto de la geometría.**

Una rotonda debe reunir corrientes de tránsito conflictivas, por ello debe permitir que los flujos se fusionen de manera segura, atraviesen la rotonda y salgan a sus direcciones deseadas. Los elementos geométricos de la rotonda deben orientar a los conductores que se aproximan, entran y viajan a través de ella.

Por consiguiente, los vehículos que se acercan a la rotonda deben reducir su velocidad de manera tal que puedan interactuar de forma segura con otros usuarios y cambiar de dirección dentro de ella. El ancho de la calzada en la entrada, su radio de curva, el ángulo de incidencia y el volumen de tránsito presente, gobiernan esta velocidad (Bruce *et al.*, 2000).

El ancho de calzada de entrada determina el número de flujos de vehículos que se pueden formar uno al lado del otro en la línea de parada e influye en la velocidad a la que éstos pueden entrar en el volumen conflictivo. El tamaño del círculo inscrito afecta la trayectoria del conductor, que a su vez determina la velocidad a la que este puede viajar dentro de la rotonda. El ancho de la calzada circulatoria determina el número de vehículos que pueden viajar uno al lado del otro internamente.

Muchos métodos analíticos como el británico, el francés y el alemán se basan en relaciones empíricas que asocian la capacidad con las características del tránsito y de la geometría de la rotonda (NCHRP 572, 2007). Las relaciones empíricas de estos, revelan que algunos cambios en los parámetros geométricos pueden producir cambios significativos en la capacidad. Un ejemplo de ello es que, si algunas entradas son más anchas o tienen carriles adicionales, proporcionan una capacidad netamente superior. Las entradas más amplias requieren mayores anchos de las calzadas de circulación. Esto a su vez, ofrece más oportunidades para que el tránsito circulante se separe, incrementando así el número de oportunidades aceptables para entrar y por ende, aumentar la capacidad.

Las investigaciones británicas agrupan las rotondas, según su diámetro, en dos clases generales: las que poseen un diámetro de círculo inscrito menor a 50 m y las que poseen un diámetro superior a los 50 m (FHWA, 2000). De acuerdo a sus estudios, las variaciones del diámetro cuando el círculo inscrito es de 50 m o menos, tiene efectos relativamente bajos sobre la capacidad; también, cuando el radio de curva en la entrada es menor a 20 m, la influencia de cambios es mínima. Asimismo, cuando el ángulo de entrada es perpendicular ( $70^\circ$  o más) se reducirá la capacidad, evidentemente para entrar se requerirán velocidades más bajas y por lo tanto, tiempos de seguimientos más largos.

La prolongación de los ejes de los carriles de entrada a una rotonda, debe en lo posible, cortar la circunferencia exterior de la isla central, esto con el fin de que los conductores se vean obligados a cambiar la trayectoria de entrada, con la consiguiente reducción de velocidad. Se recomienda evitar entradas tangenciales, que animan a mantener e incluso aumentar la velocidad.

La FHWA (2000) y la Dirección Nacional de Vialidad Argentina (2010), sugieren que los ejes de los carriles de entrada a la rotonda formen un ángulo entre  $20^\circ$  y  $60^\circ$  con la tangente a la calzada circular en el punto en que la cruzan, así se evita velocidades de entrada excesivas o ángulos próximos al normal con los vehículos del volumen conflictivo.

La reducción de la velocidad que consiguen las rotondas se produce también, en gran medida, por la percepción que tienen los conductores de la existencia de un obstáculo en su camino (isla central), que les obliga a frenar, desviar su trayectoria y rodearlo.

El ancho de la calzada del carril de circulación debe estar entre 5 y 6 metros para un solo carril, en 8 metros para dos carriles y de 11 a 12 metros para tres carriles en el anillo. Se recomienda un peralte del 2 al 3% hacia el exterior de la calzada anular, de esta manera se mejora su percepción, se facilita el acuerdo con las calzadas de las ramas, se evitan los cambios de peralte (molestos a los vehículos pesados) y se facilita el drenaje hacia la periferia.

El perfil longitudinal preferiblemente deberá ser llano, pudiendo adaptarse al perfil del terreno; sin embargo, debe tratarse que la calzada de circulación esté en un solo plano. También es importante el aspecto paisajístico de las ramas en la aproximación a la rotonda, ya que debe poner de manifiesto la existencia de la intersección (un ejemplo puede ser mediante la interrupción en la línea de vegetación situada a los márgenes).

De igual modo, la FHWA (2000) recomienda que las entradas se produzcan en curva con un radio comprendido entre los 15 y los 20 metros, evitándose radios mayores; con esto se consigue que los vehículos entrantes reduzcan su velocidad a fin de ceder el paso al flujo conflictivo. La anchura estándar para un carril de entrada se sitúa entre los 3 y los 4 metros, siendo preferibles carriles de 4 metros que garantizan una mayor capacidad. Es posible que en ciertos casos se deban adoptar anchos mayores para permitir el giro de los vehículos más largos. La FHWA considera que un carril de entrada debería tener un máximo de 4,8 metros.

El diseño de las salidas debe permitir que el flujo conflictivo pueda abandonar la rotonda sin producir ninguna alteración en el resto de vehículos que circulan, tratando siempre de no incitar a un aumento de la velocidad para salir de esta. Los radios de salida suelen ser algo mayores que los de las entradas y están en el rango comprendido entre los 20 y los 30 metros, dependiendo de las características del lugar, el volumen del tránsito peatonal y el de vehículos pesados.

El ancho aconsejado para una salida de un solo carril es de 5 metros en el punto en que se abandona el carril de circulación, pero se recomienda que la salida también sea abocinada, creándose así una transición hacia la anchura definitiva de la rama. Para salidas con dos carriles puede ser suficiente una anchura de 8 a 9 metros. En las Tablas 2.1 y 2.2 se ven algunos parámetros recomendados por la FHWA y la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina respectivamente:

Tabla 2.1 Características de Diseño entre los tipos de Rotondas según FHWA (2000).

Elemento del Diseño	Rotonda de un carril	Rotonda Multicarriles
Velocidad de diseño en las entradas	30 a 40 km/h	40 a 50 km/h
Número de carriles por ramas de aproximación	1	2+
Diámetro de la isla central	30 a 40 m	45 a 55 m

Tabla 2.2. Características de diseño entre los tipos de Rotondas según la DNV Argentina (2010).

Elemento del Diseño	Rotonda de un carril	Rotonda Multicarriles
Velocidad de diseño en las entradas	35 km/h	40 km/h
Número de carriles por ramas de aproximación	1	2+
Diámetro de la isla central	35 a 43 m.	45 a 60 m.

Finalmente, la geometría juega un papel importante en el rendimiento operativo de una rotonda, según el NCHRP 672 (2010):

- Afecta la velocidad de los vehículos que la atraviesan, por lo tanto influye en su tiempo de viaje (demora geométrica).
- Determina el número de carriles sobre los cuales viajarán los vehículos en la entrada y circulación interna. El ancho de la calzada en la entrada determina el número de corrientes de vehículos que se pueden formar en la línea de “ceda el paso”, además de regular la velocidad a la que los vehículos pueden entrar en la calzada de circulación.
- Puede facilitar o limitar el flujo en cada calle. Un ejemplo es el ángulo en el que un vehículo entra, lo que afecta su velocidad. Cuando se requieran velocidades más lentas, las entradas deberán ser más perpendiculares y por lo tanto, los intervalos críticos serán más largos. Asimismo, la geometría en entradas multicarriles pueden influir facilitando entradas más cómodas para los conductores, pudiendo entrar uno junto al otro.
- Puede afectar la percepción del conductor de cómo navegar por la rotonda y su elección del carril correspondiente para la maniobra que desea realizar. Una incorrecta alineación de carril puede aumentar la fricción entre los carriles adyacentes y por lo tanto reducir la capacidad. Los flujos desequilibrados de los carriles en una entrada pueden aumentar las demoras y las colas en esta, llevando su operación por debajo de su capacidad teórica.

De esta manera, los elementos geométricos junto con el volumen de tránsito en un momento dado, pueden definir la eficiencia con la que funciona una rotonda. En resumidas cuentas, los elementos geométricos afectan la tasa de flujo en la entrada, siendo los más determinantes el ancho y el número, tanto de los carriles de entrada como de los carriles de circulación. Estos elementos conforman la base de los modelos usados con frecuencia, incluyendo el modelo de Kimber (1980) en el Reino Unido.

Por último, es conveniente señalar que el NCHRP572 (2007) ha sugerido que, si bien los grandes cambios en la geometría son estadísticamente significativos en la capacidad, los cambios de menor importancia quedan cubiertos o absorbidos por la variación del comportamiento de los conductores, siendo éste comportamiento, la base del modelo de capacidad del HCM2010.

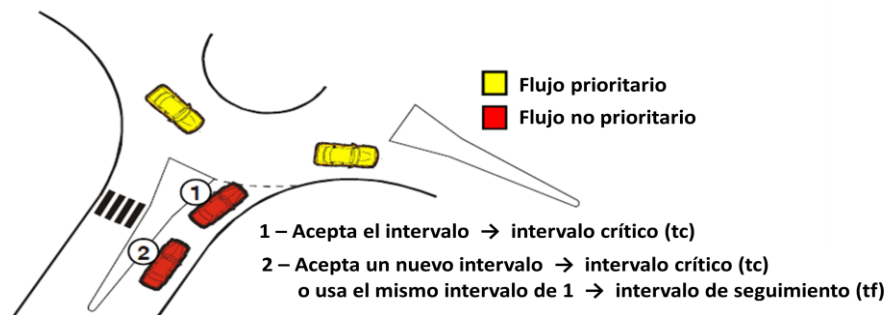
## 2.4. OPERACIÓN DE ROTONDAS.

En una rotonda correctamente diseñada, la línea de “ceda el paso” en la entrada es el punto relevante para el análisis de la capacidad. Como se vio en el apartado anterior, esto está determinado por un número de parámetros geométricos, además del ancho de la entrada. En las rotondas multicarriles es importante que exista un equilibrio en el uso de cada carril, porque de lo contrario algunos carriles pueden estar sobrecargados, mientras que otros están subutilizados. Un mal diseño puede influir en el comportamiento del conductor, causar un desequilibrio en los carriles o afectar las otras ramas.

Muchos procedimientos para hacer el análisis de capacidad en las rotondas se basan en modelos estocásticos. De acuerdo a esto, la capacidad depende de la disponibilidad de los intervalos y la aceptación de estos por parte de los conductores que ingresan al tránsito de circulación.

Según Raff (1950) la corriente principal (en este caso el flujo conflictivo) se puede interpretar como una oferta continua de intervalos que el conductor debe aceptar o rechazar según su criterio personal. El conductor tiene que decidir cuándo es seguro entrar en la rotonda, es decir, debe buscar una oportunidad segura o intervalo para ingresar en el tránsito circulante. Esta técnica ha sido descrita como la “teoría de aceptación de intervalos”. En una rotonda, el conductor debe respetar la prioridad de los conductores que circulan dentro de ella, por lo que el conductor que está tratando de entrar en el flujo circulante dentro de la rotonda debe ceder el paso. En la Figura 2.2 se esquematiza el funcionamiento de una rotonda.

Figura 2.2. Funcionamiento de una rotonda.



La teoría de aceptación de intervalos fue definida por Harders en Alemania (1968) y por Siegloch (1973) (Troutbeck y Brilon, 1996). Los manuales de capacidad de Alemania, de Estados Unidos de Norteamérica y el suizo contemplan este criterio.

En esta teoría se supone que el comportamiento de los conductores es consistente y homogéneo. Las fuentes consultadas coinciden en que no es posible medir directamente los intervalos críticos, por lo que sólo se puede observar a un conductor, aceptando o rechazando un intervalo. Bajo un comportamiento coherente, un intervalo aceptado es un valor superior para el intervalo crítico del conductor. Del mismo modo, el mayor intervalo rechazado es el valor inferior para su intervalo crítico. Si bien es cierto que el intervalo crítico no puede obtenerse directamente, las distribuciones de probabilidad de los intervalos aceptados y de los mayores rechazados son idénticas, siempre bajo los supuestos de comportamientos consistentes (Troutbeck y Brilon, 1996).

De acuerdo al NCHRP 672 (2010), las bajas velocidades en una rotonda facilitan éste proceso de aceptación. La eficiencia en la operatividad de las rotondas es

mayor cuando las velocidades de circulación son menores. Este fenómeno se debe a que si el tránsito circulante es más rápido, los intervalos serán más pequeños para que el tránsito que entra los pueda aceptar cómodamente, es decir, puedan acelerar e ingresar al mismo. De esta forma habrá una menor cantidad de intervalos aceptables con un mayor número de vehículos acumulados en la entrada, lo que se traduce en demora para entrar a la rotonda.

Cuando las rotondas operan dentro de su capacidad, normalmente funcionan con demoras inferiores a otras formas de intersección y otros tipos de control. Con las rotondas, no es necesario que el tránsito pare completamente al llegar a una entrada, a menos que se presenten conflictos en el tránsito. Cuando existen colas en una o más ramas de entrada, el tránsito que forma las colas generalmente continúa moviéndose, lo que es más tolerable por los conductores en comparación con una cola parada (FHWA, 2000).

Igualmente, los estudios de la FHWA establecen que el rendimiento de las rotondas en horas valles (fuera de pico) es relativamente muy bueno en comparación con otros tipos de intersecciones, ya que por lo general las demoras medias son muy bajas. Una de las características más significativa es que las rotondas tienden a tratar a todos los movimientos en una intersección por igual, sin dar prioridad a los movimientos más importantes sobre los movimientos secundarios (NCHRP 572, 2007). Ello ocurre debido a que cada rama de entrada tiene que ceder el paso al tránsito que circula, sin discriminar si ésta corresponde a una calle local o una arterial.

En atención a lo expuesto, el resultado es una mayor demora de lo que se puede esperar o desear para los grandes movimientos. Este problema se agrava en intersecciones entre calles principales con grandes volúmenes y calles de menor jerarquía con bajos a medianos volúmenes (por ejemplo, calles arteriales con locales). De aquí la importancia de considerar la jerarquía y tipología de las vías antes de optar por una alternativa de rotonda como intersección.

Como la capacidad de una rotonda está influenciada por la cantidad del flujo de circulación y los conflictos presentes en cada entrada; cuando el volumen conflictivo es grande, se reduce el número de oportunidades para ingresar en las ramas y como consecuencia, se reduce la capacidad de la misma. Contrariamente, con volúmenes conflictivos bajos, la rama de entrada tendrá una mayor capacidad al permitir que un número más grande de vehículos entren en la rotonda.

En resumen, el rendimiento operativo de rotondas depende, por un lado del comportamiento de los conductores al disponer intervalos en la corriente conflictiva. Por otro lado, al igual que otras intersecciones, su operación está influenciada por su geometría (número de carriles, ancho de entradas, diámetro, etc.).

## **2.5. MODELOS DE ROTONDAS.**

Las metodologías desarrolladas en la actualidad pudieran diferenciarse en dos fuertes criterios muy bien fundamentados y validados. Por una parte, existen países que sugieren una correlación muy fuerte entre la capacidad y las graduaciones de la geometría, mientras que por otra parte, se asume una gran importancia al comportamiento de los conductores y a los patrones de tránsito.

En Inglaterra, la capacidad de la rotonda se obtiene a partir de un modelo estadístico de una regresión lineal empírica desarrollada por Kimber (1980) con valores de entrada asociados a seis parámetros geométricos. Este método de estimación de capacidad ha sido incorporado en el paquete de software "RODEL".

La investigación británica indica que el ancho de la rama de entrada y el abocinamiento de esta, tiene efectos muy significativos en la capacidad. Además, determina que el ángulo de entrada y el radio de esta rama tienen un gran efecto combinado, así como también que el diámetro tiene un efecto menor que se vuelve significativo ante la presencia de altos volúmenes circulantes. Kimber agrupa las características usadas en el modelo británico, en cuatro categorías de acuerdo a la importancia de los efectos que sus variaciones producen sobre la capacidad de la entrada:

- Parámetros más influyentes: ancho de la entrada y el abocinamiento.
- Parámetros medianamente influyentes: diámetro del círculo inscrito.
- Parámetros pocos influyentes: ángulo de entrada y radio de la entrada.
- Parámetros sin influencia apreciable: ancho de la calzada de circulación.

Por el contrario, muchos de los modelos de capacidad utilizados en otros países, se basan o bien en la teorías de aceptación de intervalos o en regresiones lineales o exponenciales empíricas, sin o con muy pocos parámetros geométricos. Entre estos está el modelo Alemán desarrollado por Wu (2001), que asume el criterio de la aceptación de intervalos y como parámetros: el flujo circulante, el intervalo crítico y el de seguimiento. El modelo desarrollado en Suiza, se basa en una regresión lineal con parámetros del flujo circulante, de entrada y la longitud conflictiva.

En Francia, el "Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement Ouest" (CETE Ouest) desarrolló una regresión exponencial con valores de flujo circulante, del flujo de salida en una rama y algunos valores geométricos. Este modelo se encuentra en el software GIRABASE. En Holanda, el modelo de Arem y Kneepkens (1992) utiliza la teoría de aceptación de intervalos con valores de flujo circulante, flujos de salida, intervalos crítico y de seguimiento. De igual forma, el modelo usado en Suecia (CAPCAL2) y en Australia (Akçelik, 1998), utilizan la teoría de aceptación de intervalos con parámetros tales como el flujo circulante, flujo de entrada, intervalo crítico y de seguimiento para ciertas condiciones geométricas. El modelo australiano fue incorporado en el software SIDRA (NCHRP 572, 2007).

En cuanto a la metodología de capacidad existente en los Estados Unidos, el Manual de Capacidad (HCM2010) al igual que la versión anterior (HCM2000), está fundamentado en la teoría de aceptación de intervalos, utilizando un modelo de que incluye parámetros como el intervalo crítico y el de seguimiento. No obstante, en la versión del año 2000, el modelo es sólo para rotondas de un carril y por tratarse de un flujo de circulación con distribución aleatoria, se encuadra en el capítulo 17 de las intersecciones no semaforizadas (TWSC intersections) del mismo manual.

En este orden de ideas, para el proceso de análisis de las intersecciones es importante comprobar ciertos elementos para asegurar que el procedimiento está siendo aplicado apropiadamente. Un elemento primordial a considerar es la calibración del comportamiento de los conductores locales. Para hacer un análisis basado en la metodología (HCM2010), habrá que usar valores medidos a nivel local para los parámetros de tiempo de aceptación de intervalos (intervalo crítico)

y tiempo de seguimiento como elementos fundamentales que conforman el modelo de capacidad.

## **2.6. INTERVALO CRÍTICO Y DE SEGUIMIENTO.**

Para estimar los parámetros de intervalo crítico ( $t_c$ ) e intervalo de seguimiento ( $t_f$ ) existen varias técnicas. Por un lado, para determinarlos de forma conjunta se tiene el análisis de regresión (entre el número de conductores que aceptan un intervalo dado versus el tamaño de dicho intervalo). Por otra parte, también puede efectuarse la estimación del intervalo de aceptación y de seguimiento de forma independiente.

Para poder estimar el intervalo crítico y el intervalo de seguimiento de forma conjunta empleando el método de regresión lineal, debe existir cola en las ramas que entran en la rotonda. Para estimarlos separadamente se aplicará el Método de Máxima Verosimilitud para encontrar el intervalo crítico y a través de una Medición Directa se obtendrá el promedio del tiempo de seguimiento. Otro método de estimación conjunta se puede plantear mediante la relación entre los valores de la capacidad de la entrada (C) y del volumen conflictivo ( $V_c$ ) medidos en campo.

### **2.6.1. Intervalo Crítico.**

Según May (1990), si los vehículos se mueven a sus velocidades deseadas e independientemente el uno del otro, entonces el volumen de tránsito sigue una distribución de Poisson, por lo tanto los intervalos se distribuyen de manera exponencial. La distribución exponencial negativa será la distribución del tiempo de llegadas aleatorias.

Un intervalo crítico para un conductor será aquel cuando todos los valores de intervalo superiores a este son aceptados y los menores son rechazados. Esto asume que el comportamiento del conductor es coherente. Según el NCHRP 572 (2007), el intervalo crítico es una variable local característica de cada sitio, por lo que el valor del parámetro variará según el comportamiento del conductor, es decir de acuerdo a su agresividad en la conducción, su educación o respeto a las regulaciones (prioridades de paso) y a las características del parque automotor.

Como ya se mencionó, el intervalo crítico no se puede medir directamente, sin embargo, la metodología de máxima verosimilitud estima que el intervalo crítico individual de un conductor se encuentra entre los dos valores observables (el intervalo aceptado y el máximo intervalo rechazado).

Para la determinación del intervalo crítico, la metodología más ajustada y aceptada según Troutbeck y Brilon (1996), es el método de Máxima Verosimilitud, ya que aporta ecuaciones apropiadas para estimarlo. En otros trabajos tal como Tian (1999), se utiliza este método para estimar los intervalos críticos. El método de Máxima Verosimilitud está basado en que un intervalo crítico es mayor que el intervalo rechazado más largo y menor que el intervalo aceptado. Además, asume que la distribución probabilística para los intervalos críticos es logarítmica normal, debido a su sesgo hacia la derecha y por no presentar valores negativos.



El intervalo crítico limitará entre la aceptación o el rechazo, representando de esta forma, el tiempo necesario entre los vehículos del flujo circulante para que ingrese un vehículo desde la entrada de aproximación; por lo que si es superado el conductor aceptaría ingresar y si es inferior, entonces se rechazaría el ingreso. Asimismo, el NCHRP 572 (2007) indica que el intervalo crítico calculado en sus estudios de rotondas norteamericanas, se efectuó utilizando la técnica de Máxima Verosimilitud.

### 2.6.2. Intervalo de Seguimiento.

El intervalo de seguimiento es el tiempo entre los vehículos de la entrada de aproximación que utilizan el mismo intervalo en el flujo conflictivo para realizar su maniobra de ingreso. En otras palabras, es el intervalo mantenido por dos vehículos consecutivos que entran utilizando el mismo intervalo en la corriente de conflicto. Los vehículos que entran deben estar en cola, por lo que se puede determinar a partir de la observación de dos vehículos consecutivos que entran en la corriente principal en el mismo intervalo. Sería entonces, la diferencia entre la entrada de los vehículos de la rama que utilizan el mismo intervalo.

### 2.6.3. Método de Máxima Verosimilitud para la estimación del $t_c$ .

Dentro de las técnicas aplicadas para estimar el intervalo crítico, de acuerdo a Kyte (1996) y a Brilon (1997), se considera que el método de Máxima Verosimilitud arroja resultados de mayor calidad y confiabilidad. Para la estimación del intervalo crítico, en este método se asume una distribución probabilística para todos los conductores.

El modelo de Máxima Verosimilitud aplicado por Troutbeck (1992) es un modelo microscópico. Es decir, se utilizan los valores individuales de los intervalos medidos. El modelo se basa en la teoría de la probabilidad máxima. Sólo se consideran el máximo intervalo rechazado y el intervalo aceptado de cada vehículo, haciéndose dos supuestos: una distribución log-normal para los intervalos críticos y que el comportamiento de los conductores es a la vez homogéneo y consistente. El intervalo crítico corresponde a la media de los intervalos críticos de los conductores y se utiliza para representar la conducta global de la población. Para esto, se asume:

- $a_i = \text{logaritmo del intervalo aceptado por el conductor } i$
- $a_i = 0, \text{ si ningún intervalo fue aceptado}$
- $r_i = \text{logaritmo del mayor intervalo rechazado por el conductor } i$
- $r_i = 0, \text{ si ningún intervalo fue rechazado}$
- $\mu = \text{media del logaritmo del intervalo crítico individual de cada conductor}$
- $\sigma^2 = \text{varianza del logaritmo del intervalo crítico individual de cada conductor}$
- $f() = \text{función de densidad de probabilidad para la distribución normal}$
- $F() = \text{función de distribución acumulada para la distribución normal}$

Por ende, la probabilidad de que el intervalo crítico para un conductor esté entre  $r_i$  y  $a_i$ , es  $F(a_i) - F(r_i)$ . Si se realiza la sumatoria de todos los conductores, la verosimilitud de una muestra de tamaño "n" con intervalos aceptados y máximos rechazados de  $(a_i, r_i)$ , se obtiene:

$$\prod_{i=1}^{i=n} [F(a_i) - F(r_i)] \tag{2.1}$$

Sacando el logaritmo L de la verosimilitud, se tiene:

$$L = \sum_{i=1}^{i=n} \ln[F(a_i) - F(r_i)] \tag{2.2}$$

Para calcular los estimadores de máxima verosimilitud ( $\mu$  y  $\sigma^2$ ) que maximizan L, se resuelve:

$$\frac{\partial L}{\partial \mu} = 0 \tag{2.3}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \sigma^2} = 0 \tag{2.4}$$

Lo que es:

$$\frac{\partial L}{\partial \mu} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\frac{\partial F(a_i)}{\partial \mu} - \frac{\partial F(r_i)}{\partial \mu}}{F(a_i) - F(r_i)} = 0 \tag{2.5}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \sigma^2} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\frac{\partial F(a_i)}{\partial \sigma^2} - \frac{\partial F(r_i)}{\partial \sigma^2}}{F(a_i) - F(r_i)} = 0 \tag{2.6}$$

Resolviendo:

$$\frac{\partial F(x)}{\partial \mu} = -f(x) \tag{2.7}$$

$$\frac{\partial F(x)}{\partial \sigma^2} = -\frac{x - \mu}{2\sigma^2} f(x) \tag{2.8}$$

Este sistema de ecuaciones resulta en las siguientes dos, que se deben resolver en forma iterativas:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0 \tag{2.9}$$

La Ecuación 2.9 se emplea para estimar  $\mu$  a partir de un valor dado de  $\sigma^2$ . Como valor inicial de  $\sigma^2$  se puede tomar la varianza de todos los valores de  $a_i$  y  $r_i$ . Una vez estimada  $\mu$  (representada por  $\hat{\mu}$ ) se obtiene  $\sigma^2$  mediante:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{(r_i - \hat{\mu})f(r_i) - (a_i - \hat{\mu})f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0 \tag{2.10}$$

Finalmente, se puede mejorar la estimación de  $\mu$  a partir de la fórmula 2.9 y en forma iterativa se continúa hasta que las estimaciones de  $\mu$  y  $\sigma^2$  no cambian significativamente.

La media  $E(t_c)$  y la  $Var(t_c)$  de la distribución del intervalo crítico es una función que depende de los parámetros de la distribución log-normal:

$$E(t_c) = e^{\mu+0,5\sigma^2} \quad (2.11)$$

$$Var(t_c) = E(t_c)^2(e^{\sigma^2} - 1) \quad (2.12)$$

donde  $E(t_c)$  es el valor del intervalo crítico usado en los cálculos de la teoría de aceptación de intervalos. Este valor siempre debe ser menor que la media de los intervalos aceptados.

#### 2.6.4. Método de Medición Directa para la estimación del $t_r$ .

Para poder determinar el intervalo de seguimiento por Medición Directa, deberán promediarse los intervalos medidos de los vehículos que se encuentran en cola e ingresan en un mismo intervalo del flujo conflictivo o circulante de la rotonda. Es requisito indispensable para poder efectuar el cálculo, que dichos vehículos se encuentren en cola.

#### 2.6.5. Método de Regresión Lineal para la estimación conjunta del $t_c$ y $t_r$ .

El método de regresión lineal consiste en proporcionar una metodología para extraer de grandes cantidades de datos, las características principales de una relación que podría no ser evidente. En otras palabras, ajustar una función al conjunto de datos dados para obtener una relación empírica de predicción y proporcione un modelo teórico que no está disponible (Canavos, G., 1988). Para el caso de este trabajo, deberá determinarse una ecuación matemática sencilla que describa el comportamiento de la variable respuesta (intervalo), dados los valores de la variable de predicción (el número de autos que ingresan en un intervalo). Así se establecerá un grado de asociación entre estas variables.

Según Siegloch (1973), para aplicar este método deberá haber condiciones de cola continua a fin de obtener resultados satisfactorios. Tendrá que existir por lo menos un vehículo en cola durante el periodo observado. De no existir cola, corresponderá aplicar un método probabilístico. Para hacer el cálculo en la entrada (con cola continua) deberán registrarse la cantidad de vehículos que ingresan en cada intervalo con duración "t" del flujo circulante.

En cada uno de los intervalos aceptados por n vehículos, se calcula el promedio de los intervalos (t) aceptados. El procedimiento incluye los siguientes pasos:

- Se debe registrar el número de vehículos "i" que ingresan en cada tamaño de intervalo "t".
- Se calcula el tamaño promedio del intervalo E(t) para cada intervalo aceptado por solamente "n" vehículos.

- Se ajusta la regresión lineal entre los valores promedios de tamaño de intervalo  $E(t)$  (variable dependiente) y el número de vehículos que ingresan en este promedio de intervalo, “ $n$ ” (variable independiente).
- La pendiente de la recta de regresión es el valor asumido para el tiempo de seguimiento ( $t_f$ ), por ser el tiempo que permite el paso de un vehículo adicional (de “ $i$ ” a “ $i+1$ ”).
- El intervalo crítico se estima con la ordenada al origen ( $t_o$ ) más la mitad del tiempo de seguimiento, debido a que con menos de este valor no entra ningún vehículo.

### 2.6.6. Método de regresión a partir de los valores de $C$ y $V_c$ medidos.

Mediante este método se busca calcular los valores de  $t_c$  y  $t_f$  a través de los coeficientes estimados “ $A$ ” y “ $B$ ”, descritos en el modelo de capacidad del HCM2010 y el procedimiento de calibración señalado por Depiante y Galarraga (2013). Los cálculos se harán a partir de una regresión de los resultados obtenidos de los relevamientos de las rotondas, para el volumen conflictivo ( $V_c$ ) y la capacidad de la entrada analizada ( $C$ ).

En otras palabras, el modelo exponencial de capacidad de la rotonda (HCM2010) puede ser calibrado utilizando los parámetros medidos localmente como se muestra a continuación y se propone en el NCHRP 572 (2007):

$$C = A \cdot e^{(-B \cdot v_c)} \quad (2.13)$$

donde:

$C$  = capacidad del carril de entrada (vph)

$v_c$  = flujo conflictivo (vph)

$A = 3600/t_f$

$B = (t_c - t_f/2) / 3600$

$t_f$  = intervalo de seguimiento (s)

$t_c$  = intervalo crítico(s)

Evidentemente, es necesario obtener los valores de  $t_c$  y  $t_f$  para poder determinar los coeficientes “ $A$ ” y “ $B$ ” del modelo de capacidad del lugar analizado. No obstante, como se mencionó en los capítulos 1 y 2, uno de los objetivos de este trabajo es determinar los  $t_c$  y  $t_f$  por diferentes métodos, para lo cual se aplicará, un procedimiento en donde se registraran los volúmenes de entrada y los volúmenes conflictivos, aplicándose posteriormente el método de regresión por mínimos cuadrados:

A partir de la Ecuación 2.13, si aplica logaritmos en ambos miembros

$$\ln C = \ln A - B \cdot v_c \quad (2.14)$$

se tiene una ecuación de la forma:

$$y = a + b x \quad (2.15)$$

en donde:

$y = \ln C$

$x = v_c$

$a = \ln A$ , por lo que  $A = e^a$

$b = B$

Una vez determinados los "A" y "B" para los "C" y "V<sub>C</sub>" medidos en campo, se pueden calcular los t<sub>c</sub> y t<sub>f</sub> despejándose de las Ecuaciones 2.16 y 2.17:

$$A = 3600/t_f \quad \Rightarrow \quad t_f = 3600/A \quad (2.16)$$

y

$$B = (t_c - t_f/2)/3600 \quad \Rightarrow \quad t_c = (3.600 * B) + \frac{t_f}{2} \quad (2.17)$$

De esta manera, es posible conocer los valores de t<sub>c</sub> y t<sub>f</sub> a partir de los valores de V<sub>C</sub> y C.

### 2.6.7. Factores de Ajuste del intervalo crítico (t<sub>c</sub>) y de seguimiento (t<sub>f</sub>).

El Capítulo 19 del Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM2010) para intersecciones no semaforizadas (TWSC), presenta ecuaciones para ajustar el intervalo crítico y de seguimiento considerando los efectos de la presencia de vehículos pesados, de la pendiente y la geometría.

Este procedimiento estima que el intervalo crítico y de seguimiento para el tránsito mixto se calcula sumando a los tiempos base (vehículos livianos) una corrección que depende del equivalente de vehículos pesados y su porcentaje, de un factor de ajuste por pendiente y su porcentaje y de un factor por giros a la izquierda.

Se tiene:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV}P_{HV} + t_{c,G}G - t_{3,LT} \quad (2.18)$$

en donde:

$t_{c,x}$  = intervalo crítico del flujo de aproximación (s)

$t_{c,base}$  = intervalo crítico base (livianos)(s)

$t_{c,HV}$  = factor de ajuste por vehículos pesados (s)

$P_{HV}$  = porcentaje de vehículos pesados (en decimales)

$t_{c,G}$  = factor de ajuste por pendiente (s)

$G$  = porcentaje de pendiente

$t_{3,LT}$  = factor de ajuste por geometría (s)

El Manual de Capacidad de Carreteras HCM2010 (Capítulo 19 TWSC) establece para el factor de ajuste por vehículos pesados ( $t_{c,HV}$ ), los valores de 1 para vías de un carril en cada sentido y 2 para vías de dos o tres carriles en cada sentido. Este parámetro se calculará bajo las condiciones locales, suponiendo que el valor de  $t_{c,x}$  coincida con el intervalo crítico obtenido mediante el método de Máxima Verosimilitud para el tránsito mixto.

Análogamente, para calcular el tiempo de seguimiento del tránsito mixto el HCM2010 emplea la Ecuación 2.19:

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV}P_{HV} \quad (2.19)$$

en donde:

$t_{f,x}$  = intervalo de seguimiento del flujo de aproximación (s)

$t_{f,base}$  = intervalo de seguimiento base (livianos)(s)

$t_{f,HV}$  = factor de ajuste por vehículos pesados (s)

$P_{HV}$  = porcentaje de vehículos pesados (en decimales)

El HCM2010 indica valores para el  $t_{f,base}$  y  $t_{f,HV}$ . El valor que se utiliza como  $t_{f,base}$  será el obtenido mediante el método de promedios de intervalos y el valor de  $t_{f,HV}$  se obtendrá de manera que el  $t_{f,x}$  coincida con el tiempo de seguimiento para el tránsito mixto calculado por el método de promedio de intervalos.

## 2.7. MODELOS DE CAPACIDAD TEÓRICA Y DE CAMPO.

El concepto de capacidad de una rotonda no puede entenderse de la misma manera que para el resto de intersecciones convencionales. Según Darder (2005), no se puede hablar de “capacidad global de una rotonda” porque no existe una correspondencia uniforme entre la geometría de una rotonda y la capacidad global de la misma. Esto se debe a que el comportamiento de los usuarios y la distribución del tránsito influyen de manera determinante en dicha capacidad.

En efecto, si por ejemplo, se asume que en una rotonda todos los vehículos abandonan el carril circulante por la salida inmediatamente posterior a la entrada que han utilizado, todos los vehículos realizarían un sencillo giro a la derecha sin que se produzcan interferencias en la calzada circulante, con lo que alcanzaría una capacidad máxima igual a la suma de las capacidades de las entradas. Sin embargo, es evidente que en la realidad los vehículos abandonan el carril circulante por cualquiera de las salidas, produciéndose interferencias que implican una disminución de la capacidad respecto el caso anterior.

Aunque se pudiera cuantificar esta disminución de alguna manera, parece lógico que para cada distribución de tránsito exista una capacidad global de la rotonda. Además se sabe que una misma rotonda admite una gran cantidad de distribuciones de tránsito posibles, por lo que hablar de la capacidad global de una rotonda es más complicado (Darder, 2005).

Considerándose las entradas a la rotonda como intersecciones en “T”, los cálculos de la capacidad se reorientan en la búsqueda de la capacidad de cada una de estas intersecciones en “T”, en las que se puede descomponer la rotonda. Como se ha mencionado en apartados anteriores, en cada entrada se deben tener en cuenta los dos tránsitos interrelacionados que entran en conflicto. La relación entre ambos tránsitos debe ser inversa ya que a medida que el tránsito circulante o conflictivo crece, la capacidad de entrada disminuye. Todo esto lleva a sustituir el concepto de capacidad global de una rotonda por el de capacidad de una entrada.

En efecto, Darder (2005) afirma que se podría considerar la capacidad global de una rotonda como la suma de capacidades que se da cuando todas las entradas están saturadas. Sin embargo, hay que recordar que cuando se alcanza la máxima capacidad, se produce un aumento del tiempo de espera medio debido a la aparición de colas en las entradas. Es por ello que, se recomienda que si se desea trabajar con valores de capacidad global de una rotonda se debe utilizar lo que se denomina “capacidad práctica” donde se suele tomar un 80% de la capacidad total.

### **2.7.1. Modelo de Capacidad Teórica.**

La capacidad teórica es la capacidad predicha por un modelo teórico basado en los datos de determinado tránsito y las características de la intersección, en este caso de la rotonda. Como fue tratado en el apartado 2.5 de este trabajo, existen diversos modelos teóricos desarrollados con base en a dos fuertes criterios. Están los países que se fundamentan en la relación entre la capacidad y la geometría; y están los que sugieren una gran importancia del comportamiento de los conductores y los patrones de tránsito.

El primer grupo de países considera que la capacidad de la rotonda se determina a partir de un modelo estadístico como la regresión lineal empírica. El otro grupo de países, consideran que los modelos de capacidad se basan en las teorías de aceptación de intervalo, donde es importante conocer algunos parámetros, especialmente el intervalo crítico y el de seguimiento para determinar la capacidad.

A los fines de este trabajo, se evalúa la metodología de capacidad existente en los Estados Unidos. El procedimiento del Manual de Capacidad (HCM2010), encuadrado dentro del segundo grupo, incluye un modelo de aceptación de intervalos. En el Capítulo 3 se presenta la metodología para la determinación de la capacidad contenida en el HCM2010.

### **2.7.2. Modelos de estimación de Capacidad en Campo.**

La capacidad en campo se define como la capacidad real medida en el lugar de estudio y sirve de base para comprobar diferentes modelos de capacidad teóricos. La capacidad de campo en una entrada de la rotonda, puede ser medida directamente en el sitio bajo una condición de cola continua. De esta forma, el flujo que entra es evidentemente la capacidad de campo real de esa entrada. Sin embargo, en la mayoría de las rotondas es normalmente, muy difícil encontrar una cola continua durante un período considerable para estimar la capacidad.

#### **2.7.2.1. Modelos de estimación cuando existe cola continua.**

Cuando existe cola continua en la entrada a la rotonda, la capacidad de ésta, estará dada por la tasa de descarga medida en campo. Basta sólo registrar el número de vehículos que ingresan por un periodo de tiempo dado para obtener la capacidad. Sin embargo, el problema radica en conseguir precisamente este periodo de tiempo que sea relativamente largo para recopilar los datos, bajo las condiciones de cola continua.

Dada esta situación, se recomienda efectuar relevamientos por periodos de tiempos más cortos, el HCM recomienda los 15 minutos de período pico como el tiempo de capacidad, sin embargo, es muy difícil encontrar esta situación en las intersecciones no semaforizadas.

Por este motivo, el NCHRP 3-46 (Kyte *et al.*, 1996), recomienda tomar intervalos muchos menores, como por ejemplo de un minuto, a los fines de poder obtener una cantidad de datos aceptable. El inconveniente de este procedimiento está en que, puede darse una gran variación de los flujos entre intervalos consecutivos, por lo que una diferencia de un auto

en un minuto, al convertir el volumen registrado a flujo horario, se hablaría de una variación de 60 autos en una hora (veh/h).

### 2.7.2.2. Modelos de estimación cuando no existe cola continua.

Es muy probable que en las intersecciones no semaforizadas, en este caso en las rotondas, se consiga la condición de que no exista una cola continua. Para estudiar estos casos, Kyte (1992) desarrollo el siguiente modelo para estimar la capacidad en las intersecciones no semaforizadas que no presentan cola continua, es decir, que no están saturadas:

$$C_n = \frac{3600}{t_s + t_{mv}} \quad (2.20)$$

donde:

$C_n$  = capacidad de campo para el flujo secundario (vph)

$t_s$  = demora promedio de servicio de los vehículos en la línea de parada (s)

$t_{mv}$  = tiempo de movimiento promedio de la segunda posición a la línea de parada (s)

El tiempo de servicio se mide durante un intervalo específico y luego se promedia para todos los vehículos que pasaron la intersección en ese intervalo. Ésta representa la demora en la primera posición de la cola, es decir, el tiempo desde que un vehículo alcanza la línea de parada hasta que sale de la misma.

El tiempo de movimiento es el tiempo desde que el primer vehículo sale de la línea de parada hasta que el siguiente vehículo en cola alcanza esta línea. Para medirlo se requiere que al menos haya dos vehículos en cola.

La suma del tiempo de servicio y del tiempo de movimiento es una variable que refleja el promedio de tiempo que cada vehículo que intenta ingresar a la intersección ocupa en la línea de parada. Este método supone que la demora en el servicio del vehículo que espera para ingresar es una variable de distribución aleatoria que está afectada por la composición, el volumen de la corriente principal y por el proceso de aceptación intervalos.

La ventaja de la aplicación de este método, es que el número de datos que se pueden utilizar para el análisis se aumenta significativamente, ya que no se requiere de la cola continua para estimar la capacidad.

## 2.8. CONSIDERACIONES FINALES.

En la revisión de trabajos relacionados con el análisis de capacidad de rotondas, se observa que estos concluyen en que la estimación de los valores de los intervalos crítico y de seguimiento son parámetros claves en el análisis de capacidad. Según Weinert (1999), los valores de estos parámetros representan de



una manera aceptable la influencia del comportamiento de los conductores en las condiciones del tránsito.

Se debe señalar que los valores de estos parámetros por sí solos no son de relevancia, sino cuando son considerados dentro de los modelos de estimación de capacidad de rotondas para casos específicos estudiados.

### 3. MODELO DE CAPACIDAD DEL HCM2010.

#### 3.1. GENERALIDADES.

Por "intervalo" se entiende el tiempo transcurrido entre el cruce por una línea de referencia, de los paragolpes delanteros de dos vehículos consecutivos. De la misma forma, la "separación" es el tiempo que transcurre entre el cruce del paragolpes trasero de un vehículo y el paragolpes delantero del vehículo siguiente. Es por eso que, se deduce que ambos conceptos se distinguen por el lapso de tiempo que transcurre para el paso o el cruce del primer vehículo.

Se ha mencionado que cuando se habla de la capacidad de una rotonda, existen dos tipos de métodos de estimación: los métodos empíricos y los probabilistas. Los primeros se basan en el estudio y la observación de numerosas rotondas con sus ramales de acceso en condiciones de saturación, y utilizan regresiones estadísticas a partir de los valores de los parámetros geométricos y los conteos de tránsito para establecer las formulas de capacidad.

Los métodos probabilistas se basan en los modelos de aceptación de intervalos que consideran que el tránsito conflictivo está compuesto por vehículos que circulan dejando un intervalo entre ellos (generalmente aleatorio, pero que no baja de un valor mínimo) y que los vehículos que esperan para entrar a la rotonda lo hacen solo cuando este intervalo supera un cierto valor que se lo permite.

En función del método aplicado (empírico o probabilística) para calcular la capacidad y según sea el origen de cada método (autor, país, ámbito de aplicación, etc.), se considerarán algunos parámetros u otros. Sin embargo, todos tienen en cuenta aspectos comunes con repercusión directa en el valor de capacidad, como es el caso de considerar el tránsito circulante.

El HCM es un compendio de investigaciones teóricas y empíricas realizadas en los Estados Unidos de Norteamérica a lo largo de muchos años en materia de los distintos componentes de la infraestructura vial, donde las metodologías incluidas se han venido modificando y mejorando con el paso del tiempo. La metodología del HCM2010 para estimar la capacidad en las rotondas, consiste en un método probabilístico fundamentado en el modelo de aceptación de intervalos, donde el tránsito que circula dentro de la misma representa una oferta continua de intervalos disponibles y los conductores de la rama de aproximación esperan una oportunidad segura para ingresar (Luttinen, 2004).

Del mismo modo, de acuerdo al FDOT (1996), las rotondas se modelan como una serie de intersecciones en "T" que están interconectadas en un círculo. Cada intersección opera bajo un control de prioridad para la rama de entrada y su capacidad se determina por la disponibilidad de intervalos en tránsito que circula.

En el modelo del HCM2010, la capacidad se ha desarrollado como un modelo de regresión exponencial con estimaciones de los parámetros sobre la base de teoría de la aceptación de intervalos. Los modelos de aceptación de intervalos se ven fuertemente afectados por el comportamiento del conductor y las costumbres locales. En resumidas cuentas, los dos parámetros esenciales en el modelo de capacidad de este manual son: un intervalo de seguimiento promedio y un intervalo crítico promedio. Se supone que las llegadas tienen distribución Poisson y como constante el intervalo crítico y el de seguimiento.

### 3.2. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD.

El modelo de estimación de la capacidad supone un movimiento que debe ceder el paso a un "movimiento conflictivo", por lo que la capacidad de la entrada del movimiento de aproximación depende principalmente de éste. De acuerdo al HCM2010, cuando no hay tránsito conflictivo (cero volumen) la capacidad del movimiento de entrada se aproxima a un valor máximo. A medida que aumenta el volumen conflictivo, la capacidad se reduce con tendencia exponencial, hasta llegar a cero cuando no hay intervalos críticos disponibles.

Una consideración importante es el número de carriles disponibles para ambos movimientos, los de entrada y los conflictivos, ya que lo más significativo en este esquema de modelación es la relación entre el tránsito de entrada y el que circula. Un vehículo que entra en la rotonda, se convierte inmediatamente en un vehículo conflictivo en todos los puntos subsiguientes hasta que sale de ella. Por lo general, los conductores no están seguros de la trayectoria de conducción que puede tomar un vehículo que circula y por lo tanto deberá estar más inclinado a ceder el paso. También ocurre que en las entradas de varios carriles, los vehículos se introducen simultáneamente uno al lado del otro. En este tipo de entradas, los vehículos que llegan en carriles diferentes, tienen distintas características de aceptación del intervalo.

Según el NCHRP 672 (2010), se estima que cuando la velocidad de salida no es demasiada alta, los vehículos que salen no tienen efecto sobre los vehículos que entran en la misma rama de aproximación a la rotonda; de igual manera ocurre cuando la rotonda es lo suficientemente grande como para que los vehículos que entran puedan anticipar con claridad los movimientos de otros conductores. El modelo reconoce que la aceptación de intervalos es realmente una cuestión de probabilidad, es decir, los conductores más agresivos están dispuestos a aceptar un intervalo menor que los conductores más tranquilos. Todos los intervalos más grandes que el intervalo crítico, se suponen que son aceptados y todos los que son menores del crítico, se supone que son rechazados.

Igualmente, se asume al intervalo de seguimiento como el tiempo adicional requerido para que vehículos posteriores puedan entrar en la rotonda. Esto reconoce que intervalos mayores al crítico pueden permitir el ingreso de varios vehículos, lo que es una consideración importante, especialmente en bajos volúmenes de circulación. Ambos intervalos (crítico y de seguimiento) representan los parámetros de aceptación del carril de entrada.

El modelo de capacidad del HCM2010 permite representar las condiciones locales, ya que puede ser calibrado utilizando la información de los parámetros del lugar de análisis. Como el comportamiento del conductor es la variable que más afecta el rendimiento rotonda, se debe hacer la calibración considerando este comportamiento y sus cambios en el tiempo debido a la experiencia que estos vayan adquiriendo.

Este aspecto es muy recomendable para producir estimaciones más precisas de la capacidad. Para rotondas de los Estados Unidos, el HCM2010 recomienda el Modelo que muestra la Ecuación 3.1 para estimar la capacidad de cada carril de entrada en conflicto con un carril de circulación:

$$c = 1.130 \times e^{(-0,0010 \cdot v_c)} \quad (3.1)$$

donde:

$c$  = capacidad del carril de entrada (aphpc)

$v_c$  = flujo conflictivo (aphpc)

Entonces, para el caso de un carril de circulación, si hay dos carriles de entrada la capacidad se duplica frente a la de un carril de entrada.

La capacidad recomendada para el modelo de un carril de entrada en conflicto con dos carriles circulando se muestra en la Ecuación 3.2:

$$c = 1.130 \times e^{(-0,0007 \cdot v_c)} \tag{3.2}$$

donde:

$c$  = capacidad del carril de entrada (aphpc)

$v_c$  = flujo conflictivo (aphpc)

Las ecuaciones 3.3 y 3.4 estiman la capacidad de los carriles de la derecha y la izquierda, respectivamente, en una rotonda con una entrada de dos carriles y con flujo conflictivo de dos carriles:

$$c_{e,R} = 1.130 \times e^{(-0,0007 \cdot v_c)} \tag{3.3}$$

$$c_{e,L} = 1.130 \times e^{(-0,00075 \cdot v_c)} \tag{3.4}$$

donde:

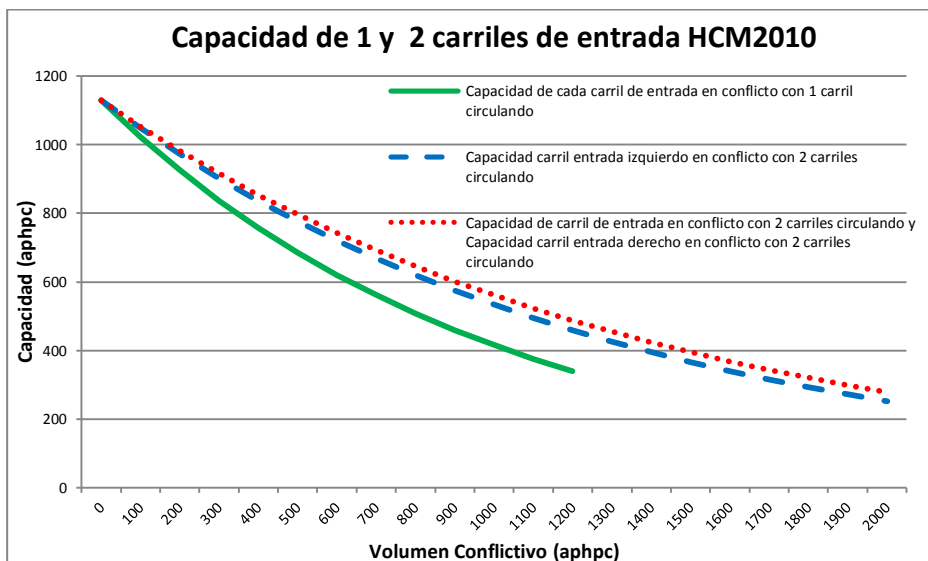
$c_{e,R}$  = capacidad del carril derecho de entrada (aphpc)

$c_{e,L}$  = capacidad del carril izquierdo de entrada (aphpc)

$v_c$  = flujo conflictivo (aphpc)

Para el caso de dos carriles de circulación las capacidades son mayores. Puede advertirse también que la capacidad de un único carril de entrada es igual a la del carril derecho de dos carriles de entrada. En este caso la capacidad, al aumentar un carril no alcanza a duplicarse, ya que la del carril izquierdo es algo inferior. La Figura 3.1 muestra las curvas de las capacidades de los modelos recomendados.

Figura 3.1. Modelo de Capacidad del HCM2010.



Debe acotarse que el NCHRP572 (2007) después de numerosas observaciones, establece como técnica de cálculo para rotondas multicarriles, estimar la capacidad para cada carril (izquierdo y derecho) por separado; se supone que el rendimiento del carril derecho depende del volumen conflictivo del carril externo de la rotonda. Para el carril de entrada izquierdo considera que se ve afectado por el volumen conflictivo de los carriles de circulación interno y externo.

Cada uno de los modelos de capacidad señalados anteriormente, refleja las observaciones hechas en rotondas de EE.UU. durante el año 2003. Es probable que la capacidad de las rotondas se vaya incrementando en el tiempo hasta un cierto punto, según sea la mayor familiarización de los conductores. Se estima que a medida que los conductores se habitúan a las rotondas, sus intervalos críticos y de seguimiento tenderían a disminuir.

Asimismo, el comportamiento de los conductores frente a las situaciones más congestionadas, haría que ambos intervalos en la entrada puedan disminuir. Por esta razón, las comunidades con mayor cantidad de rotondas y/o que de forma general, sus conductores sean más agresivos, pueden experimentar mayores capacidades. De allí se deriva la necesidad de calibración local del modelo de capacidad, a fin de representar de mejor manera el comportamiento del conductor local.

### 3.3. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE CAPACIDAD.

Como fue descrito en el apartado 2.6.6., teniendo el valor de los coeficientes “A” y “B”, es posible conocer los valores de  $t_c$  y  $t_f$  estimados. Para el caso del modelo de capacidad de rotondas en los EE.UU. (recomendados por el HCM2010) y señalados en el apartado anterior, se pueden obtener los  $t_c$  y  $t_f$  que fueron utilizados en el manual. La Tabla 3.1 muestra estos intervalos.

Tabla 3.1. Intervalo crítico y de seguimiento del Modelo de Capacidad del HCM2010.

Configuración		HCM2010 (s)	
		$t_c$	$t_f$
Entrada de un carril	Un carril de circulación	5,19	3,19
	Dos carriles de circulación	4,11	3,19
Entrada de dos carriles con dos carriles de circulación	Carril izquierdo	4,29	3,19
	Carril derecho	4,11	3,19

Debe indicarse que la versión anterior del Manual de Capacidad (HCM2000), sólo consideraba las rotondas de un solo carril, ya que no había mucha experiencia con rotondas multicarriles. Los intervalos recomendados para aquella versión del manual se muestran en la Tabla 3.2.:

Tabla 3.2. Rangos de  $t_c$  y  $t_f$  recomendados en el HCM2000.

Un carril	HCM2000	
	$t_c$	$t_f$
Límite Superior	4,6	3,1
Límite Inferior	4,1	2,6

Finalmente, como con cualquier procedimiento de análisis, debe tenerse cuidado en asegurar que el procedimiento de calibración del modelo está siendo aplicado apropiadamente. Para una calibración adecuada, hay que comprobar los siguientes elementos (NCHRP 672, 2010):

- Comportamiento de los conductores locales: involucra el uso de valores medidos a nivel local para los parámetros establecidos como factores globales que conforman el modelo de capacidad.
- Verificación de la geometría efectiva: para los modelos basados en regresión que emplean las variables continuas de las dimensiones claves (por ejemplo, ancho de la entrada), se deben considerar los ajustes de la geometría efectiva. Los modelos basados en regresión no discriminan un gran tamaño en la entrada de un solo carril y por lo tanto puede ser modelado como una entrada de dos carriles. Según el NCHRP 572, de acuerdo a la observación física del uso de carriles, el ancho de la entrada máximo efectivo debe ser de 4,8 metros, suponiéndose que un ancho efectivo de hasta 4,5 metros no debería causar errores. A partir de estas consideraciones, es común suponer que una entrada de un solo carril tiene un ancho de 4,5 m.
- Uso de carriles y de asignación: algunos modelos son sensibles a la utilización y asignación de carriles; otros no lo son. Los ajustes deben realizarse en función de las configuraciones de los carriles del sistema o los efectos que puede causar el tránsito para favorecer un carril sobre otro, por lo tanto influir en la capacidad y en las medidas de desempeño.

### 3.4. AJUSTE PARA EL TRÁNSITO MIXTO.

Dentro de los factores que influyen en la capacidad de una entrada está la presencia de vehículos pesados; éstos necesitan de un intervalo mayor en el volumen conflictivo de los carriles de circulación para incorporarse en la rotonda. De tal forma que, a medida que el número de vehículos pesados se incrementa, la capacidad de la entrada disminuye para los mismos volúmenes conflictivos.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, el flujo para cada movimiento debe ajustarse considerando las características del tránsito y sus efectos en el intervalo crítico y el de seguimiento. El HCM2010 emplea las siguientes equivalencias: un auto de pasajeros es igual a 1, un vehículo pesado es igual a 2 y para bicicletas se utiliza 0,5. El cálculo para incorporar estos valores, se da en las Ecuaciones 3.5 y 3.6:

$$v_{i,pce} = \frac{v_i}{f_{HV}} \quad (3.5)$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} \quad (3.6)$$

donde:

$v_{i,pce}$  = volumen de la demanda del movimiento  $i$  (aphpc)

$v_i$  = volumen de la demanda del movimiento  $i$  (vph)

$f_{HV}$  = factor de ajuste de vehículo pesado

$P_T$  = proporción del volumen de demanda de los vehículos pesados

$E_T$  = equivalente de autos para vehículos pesados ( $E_T = 2$ )

### 3.5. EFECTO DE LOS PEATONES EN LA OPERACIÓN DE LA ENTRADA.

El tránsito peatonal también es una variable que no puede ser obviada ya que, cuando el volumen de peatones que cruza por delante de una entrada o por la

salida inmediatamente posterior a ésta, la capacidad de la entrada analizada disminuye, bien sea porque los vehículos que entran deben ceder el paso a los peatones y no pueden aprovechar todos los intervalos para incorporarse al tránsito circulante, o bien porque el flujo de peatones que esté cruzando una salida haga que los vehículos que quieren abandonar la rotonda se detengan antes de poder hacerlo, impidiendo la entrada de los vehículos y el tránsito por los carriles de circulación (NCHRP 672, 2010). Esta reducción de capacidad ocurre cuando hay importante circulación de peatones, ya que la presencia de estos hace valer el derecho de prioridad de paso que normalmente es otorgada a los peatones, como lo es el caso de Argentina y otros países.

En condiciones de altos flujos vehiculares en conflicto, los peatones suelen pasar entre los vehículos en la cola de la entrada, dando como resultado un insignificante impacto adicional a la capacidad de entrada de vehículos. Sin embargo, en condiciones de bajos flujos de conflicto, los peatones pueden resultar efectivamente más conflictivos para los vehículos y reducir la capacidad vehicular de la entrada.

Por otro lado, debe reconocerse que aparte de los peatones, existen otros factores que influyen, tales como los ambientales (falta de visibilidad de noche o por causa de la niebla, pavimento mojado por la lluvia, etc.) y los llamados psicosociales que engloban toda una serie de comportamientos de los usuarios (prudencia o temeridad, cortesía para con los peatones, etc.) (NCHRP 672, 2010).

### 3.6. RELACIÓN VOLUMEN – CAPACIDAD.

La relación “volumen – capacidad” es una comparación de la demanda en la entrada de la rotonda con la capacidad de esta y proporciona una evaluación directa de la suficiencia de un diseño dado. Para un carril dado, la relación de volumen – capacidad ( $x$ ), se calcula dividiendo la tasa de flujo de la demanda por la capacidad calculada para el carril como se muestra en la Ecuación 3.7. Ambos valores de entrada son en vehículos por hora:

$$x_i = \frac{v_i}{c_i} \quad (3.7)$$

donde

$x_i$  = relación volumen – capacidad del carril  $i$   
 $v_i$  = flujo de la demanda del carril  $i$  (aphpc)  
 $c_i$  = capacidad del carril  $i$  (aphpc)

Mientras que el HCM no define un estándar para la relación de volumen – capacidad, la experiencia internacional y la de EEUU, sugiere que esta relación en el rango de 0,85 a 0,90, representa un umbral aproximado para un funcionamiento satisfactorio (NCHRP 672, 2010). Cuando el grado de saturación es superior a esto, el funcionamiento de la rotonda entra en un rango más inestable en el que las condiciones podrían empeorar rápidamente, especialmente durante períodos cortos de tiempo. Las colas comienzan a prolongarse en el tiempo y la demora empieza a aumentar de manera exponencial.

Una relación de volumen – capacidad de 0,85 no debe considerarse un umbral absoluto, de hecho, operaciones aceptables se pueden lograr con una mayor relación. En un análisis a nivel operacional donde se encuentre la relación volumen – capacidad por encima de 0,85, se puede llevar a cabo un análisis de

sensibilidad adicional para evaluar si pequeños incrementos de volumen adicional, tienen un impacto relativamente traumático sobre las demoras o las colas. Una mayor relación volumen – capacidad durante las horas pico puede ser una mejor solución que la modificación física con los impactos ambientales de un exceso de capacidad que no se utiliza en la mayor parte del tiempo.

### **3.7. IMPACTO DE LOS VEHÍCULOS QUE SALEN.**

De acuerdo al NCHRP 572 (2007), en los estudios hechos para calibrar el modelo del HCM2000, cuando se consideró el efecto de los vehículos que salen del flujo conflictivo por el carril de la rama en estudio, se percibieron algunas diferencias en el rechazo de intervalos, así como una vacilación en el seguimiento, lo que podría asociarse a una estimación más baja de la capacidad.

Bajo la suposición de que el vehículo que sale afecta la conducta de los conductores que entran, al hacerse las estimaciones, además de considerar el flujo conflictivo se incluyeron los vehículos que salen de éste. En la práctica, se determinó que la salida de vehículos no tiene impactos significativos sobre la totalidad de los vehículos.

Cuando se revisaron los resultados de ambos casos (incluyendo los vehículos que salen y sin ellos), se concluyó que esta inclusión no mejoró la estimación de la capacidad.

### **3.8. CONSIDERACIONES FINALES.**

Indiferentemente del método de cálculo que resulte apropiado para determinar la capacidad de una rotonda, hay que tener en cuenta un par de consideraciones previas que son de vital importancia para que los resultados sean acordes con lo que se espera en la realidad:

- Las fórmulas empíricas se han obtenido a partir de observaciones y medidas de capacidad en rotondas construidas en países donde los principios y las directivas para su diseño pueden no ser las mismas que en otros países. Esto significa que la experiencia y criterios de los ingenieros del país de origen de las fórmulas, se traducen en disposiciones geométricas y otras particularidades que no tienen por qué estar presentes en las rotondas de otros países.
- El desarrollo de algunos métodos de cálculo y su validación ha sido efectuado en países donde los conductores están acostumbrados a este tipo de intersección por lo que su comportamiento se encuentra, generalmente, adaptado a ellas. Esto influye en parámetros como el tamaño de los intervalos aceptados, la espera en la entrada de la rotonda, el respeto de las normas de prioridad, etc., que pueden influir en la validez del modelo al aplicarlo en otros países o lugares menos acostumbrados a las rotondas.



## 4. DISPOSITIVO DE MEDICIÓN “TDC ULTRA”.

### 4.1. GENERALIDADES.

El equipo de medición TDC Ultra es un dispositivo portátil que permite y facilita hacer algunas de las más comunes recopilaciones de datos del tránsito de forma manual, rápida y precisa (JAMAR Technologies, 2010). En la Figura 4.1 se muestra una imagen del equipo.

Figura 4.1. Equipo TDC Ultra de JAMAR Technologies.



Con este equipo se puede recoger información para hacer diez estudios diferentes, los cuales son:

- Estudio de movimientos de giros estándar: para recopilar los giros y movimientos de los vehículos, clasificándolos por tipos de vehículos en tres grupos.
- Estudio mejorado de movimientos de giros: para recoger los giros y movimientos de los vehículos, clasificándolos hasta en catorce grupos.
- Estudio de clasificación o composición: recopilando los datos basado en el esquema de clasificación de “Federal Highway Administration” (Scheme F), o bien, personalizando un propio esquema.
- Estudio de intervalos multi-dirección: que permite recoger datos de intervalos en una o dos direcciones.
- Estudio de demora en intersecciones con señal de pare o ceda el paso: recopilando la información de los valores de demora y colas en las intersecciones controladas por señal de pare.
- Estudio de demora en intersecciones semaforizadas: midiendo parámetros de demora en vehículos que se aproximan a una intersección semaforizada.
- Estudio de velocidad: para encontrar la velocidad de marcha en un tramo específico.
- Estudio de tasa de saturación: mediante la recopilación de los flujos de saturación en intersecciones señalizadas.
- Estudio de movimientos en rotondas: para recoger los datos de movimientos en las rotondas, clasificándolos hasta en tres grupos de vehículos.
- Estudio de registro de tiempo: recopila datos de manera secuencial, registrando el tiempo de pulsación de las teclas.

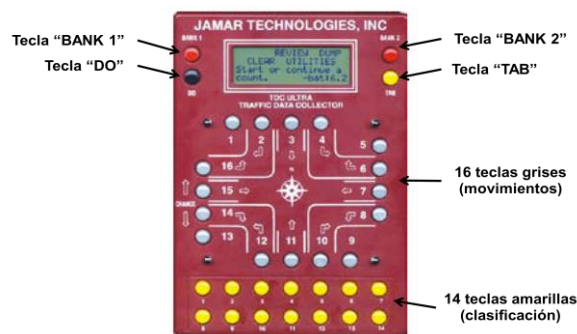
Los diversos estudios se pueden almacenar en la memoria del TDC ULTRA, con información del tipo de estudio, la fecha y hora, un código que puede asignarse al sitio y los datos de la medición. Estos datos pueden extraerse y tratarse a través de la descarga a una computadora mediante un puerto USB y la utilización del software “PETRAPro”, el cual viene con el dispositivo y está diseñado para leer,

editar y almacenar los datos, así como también para generar e imprimir una variedad de informes, reportes y gráficos.

#### 4.2. OPERACIÓN DEL EQUIPO.

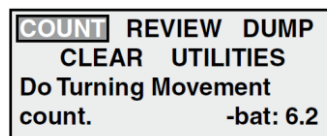
El TDC Ultra es de fácil operación y manipulación, presenta una pantalla principal con cuatro teclas mediante las cuales se navega a través de un menú principal con distintos sub-menús que permite de una manera sencilla y rápida, seleccionar un estudio específico y efectuar las mediciones correspondientes. De igual manera, posee 16 teclas grises que simulan las 16 maniobras o movimientos estándar en una intersección, pudiendo destinarse algunas de ellas para algún tipo de vehículo liviano, vehículo pesado, bicicleta o peatón. En la Figura 4.2 se muestran las teclas que utiliza el equipo.

Figura 4.2. Teclas del TDC Ultra de JAMAR Technologies.



La pantalla muestra cuatro filas de veinte caracteres cada una, lo que permite visualizar y seleccionar las entradas adecuadas. La opción seleccionada se muestra en forma intermitente. Mediante la manipulación de dos teclas principales, se puede avanzar y navegar de un menú a otro y seleccionar la opción deseada mostrada en la pantalla. La tecla "TAB" se emplea para alternar entre las opciones presentadas, mientras que la tecla "DO" se utiliza para seleccionar la opción. La tecla "TAB" alterna las opciones de manera cíclica; si se ha movido el cursor en la pantalla y se ha pasado la opción deseada, sólo habrá que seguir presionando la tecla "TAB" hasta que se vuelva a seleccionar. Para operar el Ultra TDC se debe encender y una vez finalizada la puesta en marcha se muestra el menú principal (Figura 4.3), donde estará parpadeando la palabra "COUNT".

Figura 4.3. Visualización en pantalla del menú principal.



Al pulsar la tecla "DO", se avanza a la siguiente pantalla para iniciar un nuevo conteo, con la tecla "TAB" se puede avanzar por los menús, mientras parpadea la palabra "NEW", se pulsa "DO" para iniciar el estudio (Figura 4.4).

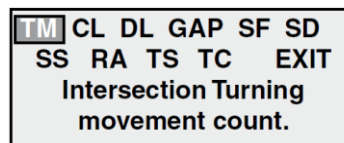
Figura 4.4. Visualización en pantalla del sub-menú "COUNT".



Aparecerán las opciones para seleccionar el tipo de estudio que se requiera hacer (Figura 4.5). Estos estarán indicados mediante abreviaturas:

TM = Estudio de movimientos de giro estándar.  
 CL = Estudio de clasificación de vehículos.  
 DL = Estudio de demoras en intersección semaforizada.  
 GAP = Estudio de intervalo multi-direccional.  
 SF = Estudio de tasa de saturación.  
 SD = Estudio de demoras en intersección con señales de pare.  
 SS = Estudio de velocidad.  
 RA = Estudio de movimientos en rotonda.  
 TS = Estudio de registro de tiempo.  
 TC = Estudio mejorado de movimientos de giro.

Figura 4.5. Visualización en pantalla del sub-menú "NEW".

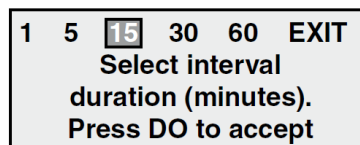


Para cada una de estas funciones o recopilación de datos, cuenta con cuatro plantillas impresas por ambas caras totalizando ocho superposiciones con sus respectivas instrucciones, adecuadas para cada tipo de estudio. Estas plantillas tienen cuatro orificios con bordes dentados que se acoplan fácilmente a los pernos de montaje del aparato.

Los dieciséis botones grises que posee el aparato, están dispuestos para simular una intersección estándar. De estos botones, doce representan los movimientos que normalmente aparecen, giro hacia la izquierda, pasante a través de la intersección (derecho) y giro hacia la derecha, para cada uno de los cuatro accesos a la aproximación. Los otros cuatro botones pueden ser definidos por el usuario para utilizarse en autobuses, camiones, bicicletas, peatones, o lo que se requiera. Los catorce botones amarillos en la parte inferior del tablero, se utilizan para clasificar los vehículos mientras se hace un estudio de movimiento mejorado de giro (TC).

Al elegir cualquiera de los estudios, el aparato guiará al usuario a través de los menús para definir los parámetros del conteo; se identificará el lugar con un código numérico hasta ocho dígitos o simplemente introduciendo el nombre. Luego el aparato pedirá elegir el periodo de tiempo que se va a utilizar como se muestra en la Figura 4.6. Para efectos de operación del equipo, se definirá "intervalo" al tiempo del estudio o periodo de medición.

Figura 4.6. Visualización en pantalla de la selección de la duración de intervalo o periodo de medición.



Aparecerán las opción de 1, 5, 15, 30 ó 60 minutos de intervalo. Este intervalo es el tiempo durante el cual que el aparato recopila datos, va almacenando

progresivamente los totales acumulados en la memoria, una vez que cada intervalo ha finalizado. Después de seleccionar el intervalo, el equipo está listo para iniciar el estudio. En la Figura 4.7 se muestra la pantalla una vez seleccionado el intervalo y comenzado el estudio.

Figura 4.7. Visualización en pantalla durante un estudio.

Turn Count	
Count: 001	Int: 001
08:01:23	Rem 13:37

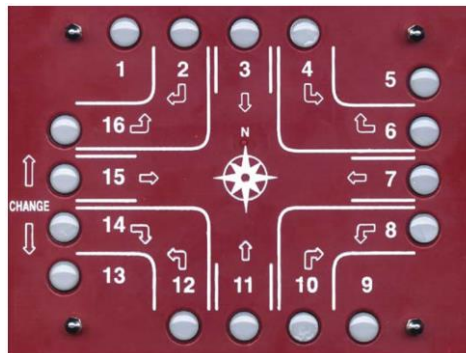
Una vez finalizado el intervalo, el aparato emite un pitido triple y los datos del intervalo finalizado quedan grabados en la memoria. Terminado el conteo, se debe apagar el equipo y los datos quedan almacenados internamente.

### 4.3. TIPOS DE ESTUDIOS QUE EFECTUA EL EQUIPO.

#### 4.3.1. Estudio de movimientos de giro estándar (TM).

Se efectúa directamente sobre el tablero del aparato (Figura 4.8). Para este estudio los vehículos pueden ser clasificados en tres grupos diferentes para lo cual se utilizan las teclas "BANK 1" y "BANK 2" situadas en la parte superior del equipo, como se muestra en la Figura 4.2.

Figura 4.8. Tablero del aparato para el registro de movimientos.



Para los estudios mejorados de movimientos, donde los vehículos pueden clasificarse hasta en 14 grupos diferentes, se emplean las 14 teclas amarillas situadas en la parte inferior del aparato. El TDC Ultra puede duplicar o triplicar el número de movimientos contados de 16 a 32 ó 48 mediante el uso de las dos teclas "BANK" en conjunto con las teclas de movimiento regulares.

Al procesarse los datos con el software PETRAPro, se pueden obtener proporciones porcentuales de la información en función de los diferentes grupos. También pueden ser utilizadas estas teclas para el conteo de aproximaciones o ramas adicionales si se tiene más que las cuatro de una intersección estándar.

#### 4.3.2. Estudio de clasificación de vehículos (CL).

Utiliza una plantilla que contiene el esquema de clasificación FHWA (esquema F), tal como se muestra en la Figura 4.9. Por el reverso de esta

plantilla, permite definir un esquema de clasificación propio (Figura 4.10). El material de revestimiento de la plantilla permite escribir sobre ella con un lápiz de grafito o un birome deleble (a base de agua).

Figura 4.9. Plantilla de clasificación (FHWA Scheme F).

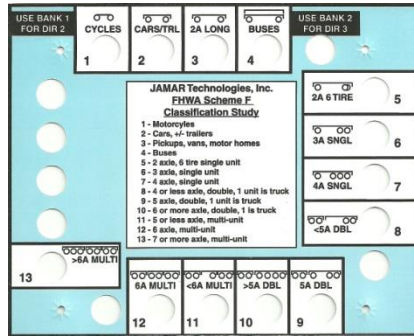
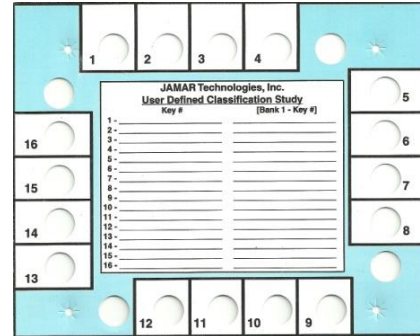


Figura 4.10. Plantilla de clasificación personalizada.



El estudio de clasificación o composición consiste en contar el número de vehículos de cada clase en un periodo dado de tiempo. Como se indicó, el aparato puede hacer dos tipos de estudios de clasificación: con la clasificación de vehículo utilizando el esquema de la Administración Federal de Carreteras o una clasificación de vehículo propia.

Los estudios implican la asignación de un tipo de vehículo a cada tecla, pudiendo basarse en el número y el espaciamiento de los ejes. El aparato está diseñado para ser compatible con equipos automáticos de conteo de tránsito mediante sensores de tubo en carretera.

#### 4.3.3. Estudio de demoras en intersección semaforizada (DL).

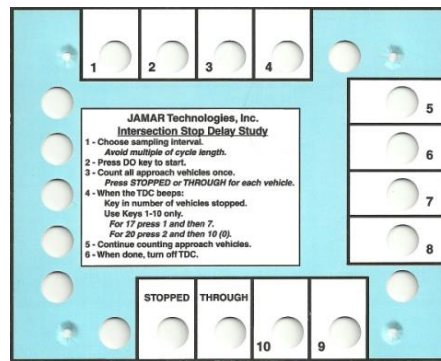
Emplea un método estadístico para medir la demora, sin registrar la demora de cada vehículo directamente. La recolección de datos para este tipo de estudio sólo puede hacerse para un único acceso a la vez. Esta recopilación requiere que se registre el número de vehículos que se encuentran detenidos en el acceso estudiado. Si los volúmenes son tan elevados que no se puede contar los vehículos en la cola o no se ve el final de esta, no se recomienda hacer el estudio.

A través de la opción DL se efectúan dos mediciones a la vez. En primer lugar, se está registrando de cada vehículo que llega por el acceso analizado, si se detiene o atraviesa la intersección.

En segundo lugar, mientras se están registrando los vehículos en el acceso, el equipo emite un sonido para un intervalo seleccionado previamente (ejemplo: 15 segundos). Cuando se produce el sonido, se debe introducir el número de vehículos en cola en el acceso para ese momento preciso.

Con estos dos procedimientos, se proporciona información suficiente para medir la demora en el acceso. Para efectuar este estudio se utiliza la plantilla indicada en la Figura 4.11.

Figura 4.11. Plantilla para estudio de demora en intersección semaforizada.

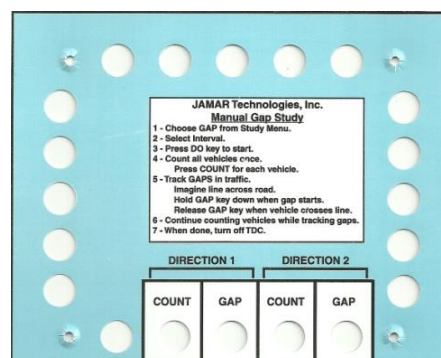


**4.3.4. Estudios de intervalo multi-dirección (GAP).**

En una sección con doble sentido de circulación se pueden medir los intervalos en forma simultánea en cada sentido y también entre los dos sentidos. El aparato mide los intervalos contando el tiempo que una tecla (GAP) se mantiene pulsada. Estos intervalos se ordenan entre quince clases diferentes, desde 2 hasta más de 30 segundos, en incrementos de dos segundos. Después de finalizar el intervalo seleccionado, los totales se almacenan en la memoria.

Se puede hacer el estudio para un sentido o en dos. El aparato mantiene un registro de tres intervalos diferentes, a pesar de que sólo se miden dos. Uno para cada una de las teclas de GAP, y otro adicional para aquellas cuando ambas teclas se mantienen presionadas al mismo tiempo, lo que representa un intervalo combinado. Esta opción podría usarse habitualmente, en una intersección para determinar la facilidad de maniobra para seguir derecho y para girar a la izquierda. El aparato también da la posibilidad de hacer un conteo de volumen, mientras se hace el estudio de intervalos, esto se hace presionando por separado la tecla “COUNT” por cada vehículo. En la Figura 4.12 se muestra la plantilla para el estudio.

Figura 4.12. Plantilla para estudio de intervalo.

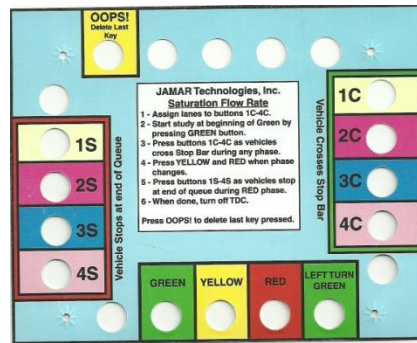


**4.3.5. Estudios de tasa de saturación (SF).**

Se emplea para medir varios parámetros diferentes del tránsito, pero relacionados. Con este estudio se pueden medir los flujos de vehículos (de 1 a 4 carriles), la demora (de 1 a 4 carriles), los tipos de llegada, el volumen en el acceso para cada fase del semáforo y las tasas de saturación.

El procedimiento utilizado por el aparato se basa en medir con precisión el momento en que cada acontecimiento sucede. Para realizarlo correctamente se deben pulsar las teclas adecuadas, exactamente en el momento específico. Para esto, debe tenerse la facilidad de registrar los siguientes eventos: los cambios de indicación en el semáforo, los vehículos que entran en la intersección y los vehículos que se detienen durante el intervalo rojo de la luz. En la Figura 4.13 se muestra la plantilla para efectuar este estudio.

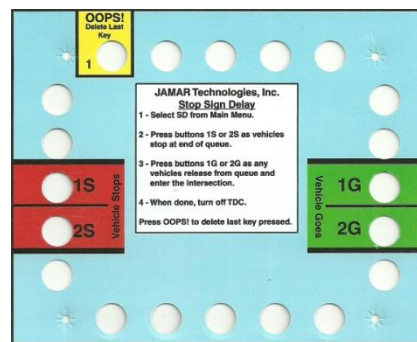
Figura 4.13. Plantilla para estudio de tasa de saturación.



#### 4.3.6. Estudios de demoras en intersección con señales de pare (SD).

Permiten medir las características de tránsito en un cruce controlado por una señal de pare; tales como los valores de la demora, la longitud de la cola y los volúmenes de tránsito en el acceso. El estudio utiliza un procedimiento estadístico para calcular demora, midiendo la demora real de cada vehículo a medida que atraviesa una intersección con señal de pare. En la Figura 4.14 se muestra la plantilla para efectuar este estudio.

Figura 4.14. Plantilla para estudio de demora en intersección con señal “pare”.

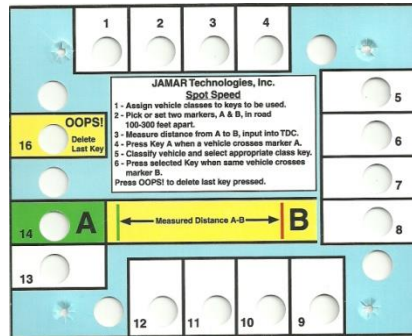


#### 4.3.7. Estudios de velocidad (SS).

El equipo está diseñado para medir las características de velocidad en un lugar determinado, por lo general en una aproximación a una intersección. Este tipo de estudio en este equipo está destinado cuando la velocidad de aproximación se requiere como parte de un análisis de la capacidad en una intersección, o tal vez como un estudio preliminar para determinar los lugares apropiados para un estudio formal de velocidad posterior, por lo que no sustituye a un estudio de velocidad con un equipo automático apropiado.

El procedimiento se basa en medir con precisión el tiempo que tarda un vehículo para desplazarse sobre una distancia conocida. Se presiona una tecla cuando el vehículo pasa sobre un punto (línea de salida) y luego se presiona otra tecla cuando éste pasa sobre otro punto (línea de fondo), que puede ser de 100 a 200 metros de distancia. En la Figura 4.15 se muestra la plantilla para el estudio de velocidad.

Figura 4.15. Plantilla para estudio de velocidad.



El método supone que la velocidad del vehículo es constante mientras se desplaza desde una línea a la otra. Si el vehículo acelera o decelera en el trayecto, la exactitud se disminuirá. Se debe elegir un lugar donde los vehículos, en lo posible, estén propensos a mantener la velocidad.

Igualmente, el observador debe presionar los botones con la mayor precisión posible. La principal fuente de error está dada por la dificultad de determinar de forma exacta cuando el vehículo pasa sobre la línea de salida, suponiéndose que el observador está en la línea de fondo. El problema radica en que el observador pueda ver bien la línea de salida.

#### 4.3.8. Estudios de movimientos en rotonda (RA).

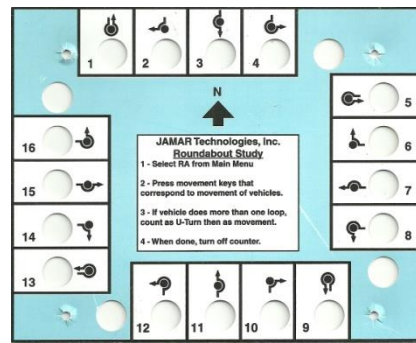
A pesar de que el diseño físico de una rotonda es distinto al de una intersección estándar, los resultados de los movimientos de los vehículos son muy similares (seguir derecho, a la izquierda o a la derecha). Por lo que la recolección de los datos de este estudio es análoga a un estudio estándar.

Para registrar correctamente los movimientos de la rotonda con el aparato, se debe ser capaz no sólo de ver el vehículo que entra cada rama, sino que también debe realizarse un seguimiento de por cual rama sale. Para estas intersecciones se puede requerir más de una persona para recoger los datos.

Las teclas en el aparato están dispuestas para simular las ramas en la rotonda, por lo que el relevamiento de datos es muy intuitivo. Hay 16 botones que se utilizan para el movimiento de giro a la izquierda, el cruce a través (derecho), el giro a la derecha y el giro en "U" para cada una de las cuatro direcciones de aproximación (Ver Figura 4.16). El equipo también puede duplicar o triplicar el número de movimientos contados, de 16 a 32 ó 48 mediante el uso de las dos teclas "BANK" en conjunto con las teclas de movimiento normales.



Figura 4.16. Plantilla para estudio de movimientos en rotondas.



Cuando los datos se procesan con el software PETRAPro, se pueden obtener desgloses porcentuales de los datos en función de los diferentes grupos. Las teclas BANK también pueden ser utilizadas para el conteo en ramas adicionales, si se tiene más ramas que las cuatro de una rotonda estándar.

#### 4.3.9. Estudio de registro de tiempo (TS).

Está diseñado para recoger datos en un formato simple, sin cambios y sin generar ningún tipo de reporte. Con cada pulsación de una tecla se registra un tiempo (hora, minuto y segundo). Al descargarse esta información a una computadora, se puede utilizar para cualquier propósito que se considere. Para efectuar este estudio no se requiere utilizar plantilla, sólo se emplean cualquiera de las teclas grises. En este sentido, habrá que definir las teclas y sus respectivas funciones.

### 4.4. SOFTWARE PETRAPro.

#### 4.4.1. Generalidades.

El "PETRAPro" es el software de análisis de los datos que son recogidos con los equipos de recopilación manual de "JAMAR Technologies". Este programa procesa los datos de una variedad de estudios, como lo son los señalados en el apartado anterior (JAMAR Technologies, 2009).

Este software permite descargar los estudios de los aparatos recopiladores de datos de JAMAR, introducir manualmente datos, visualizarlos y editarlos, imprimir informes y gráficos, además de almacenar los estudios para su posterior análisis. Los datos también se pueden exportar en varios formatos para su tratamiento posterior en otros programas.

#### 4.4.2. Navegación en el PETRAPro.

El PETRAPro es un software que ha sido diseñado para que pueda accederse fácilmente a muchas de sus características y opciones que contiene. En la figura 4.17 se muestra la imagen que aparece al iniciar el programa, donde un menú rápido presenta las alternativas a escoger entre efectuar una descarga, abrir algún archivo reciente o ejecutar algunas de sus herramientas.

Figura 4.17. Vista de la pantalla de inicio del PETRAPro.

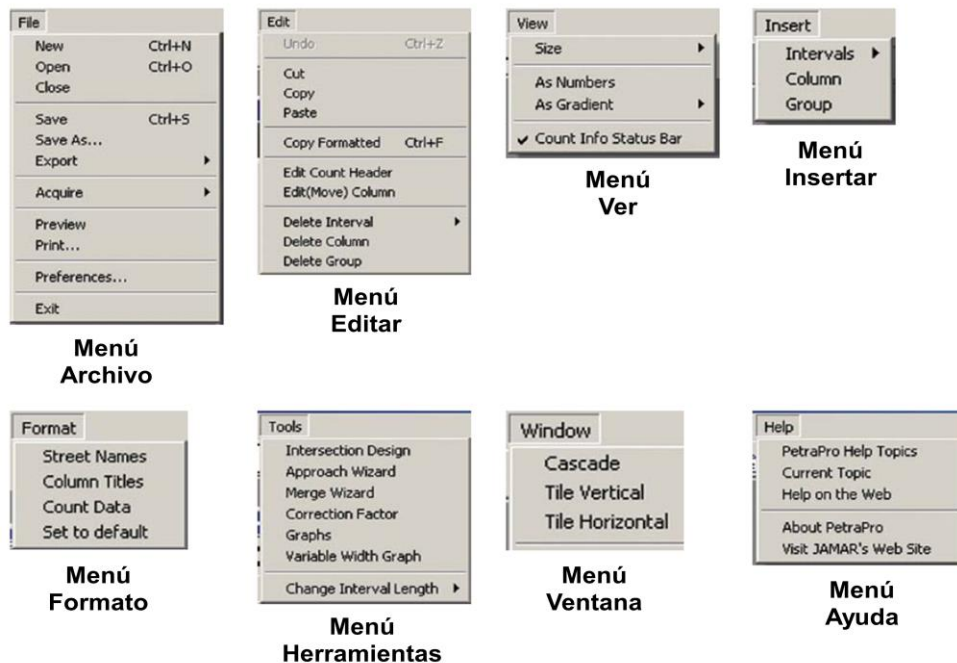


De igual forma, al abrirse el archivo de algún estudio específico se visualiza una barra de herramientas en la parte superior (ver Figura 4.18), que permite un acceso rápido a algunas de las características más comunes del programa. Asimismo, se proporciona acceso a todas las funciones mediante los menús desplegables mostrados en la Figura 4.19.

Figura 4.18. Barra de Herramientas.



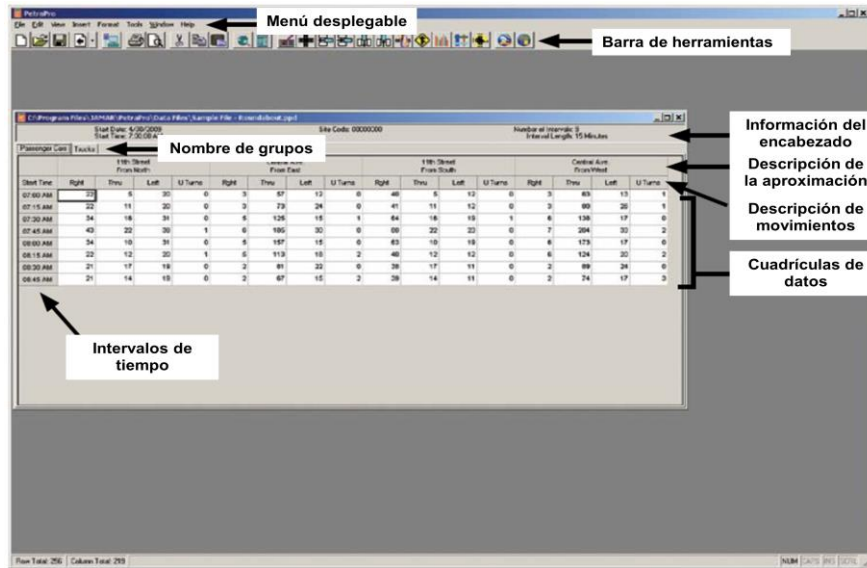
Figura 4.19. Menús desplegables (opciones de menú).



### 4.4.3. Estudios de Movimientos en Rotondas (RA).

Cuando se abre un archivo de un estudio de Movimiento en Rotondas cada archivo aparece en su propia ventana, por lo que se puede tener más de un archivo abierto a la vez. Estos archivos contienen seis áreas de información principales: la información del encabezamiento, la descripción de los accesos, la descripción de los movimientos, los nombres de los grupos, los intervalos de tiempo y las cuadrículas de datos. Estas áreas se muestran en la Figura 4.20.

Figura 4.20. Archivo de estudio "RA".



La información contenida en el archivo se puede ajustar utilizando la barra de herramientas y/o los menús desplegables. Los informes de este estudio se pueden producir con un número de opciones diferentes. El área del informe contiene todos los datos recogidos en el estudio. Por lo general los datos están en intervalos de 15 minutos, pero como se mencionó anteriormente, se puede realizar el registro también en periodos de 1, 5, 30, y 60 minutos.

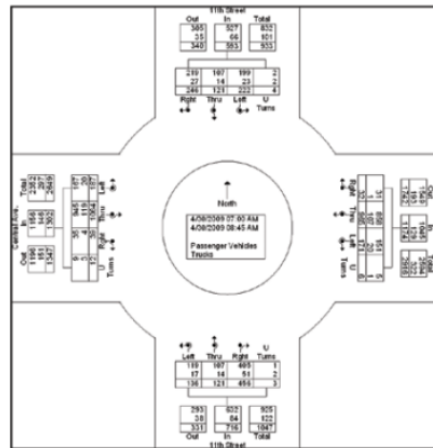
Los datos se muestran en orden cronológico, con hora de inicio y de finalización de cada intervalo. Al final de los datos, se muestran los totales generales de cada movimiento, en cada columna se desglosa los porcentajes de cada aproximación y también el porcentaje que representa de los datos globales. En la Figura 4.21 se muestran todos los datos del reporte.

Figura 4.21. Reporte con todos los datos del estudio RA.

Start Time	11th Street From North				Central Ave. From East				11th Street From South				Central Ave. From West				Int. Total				
	Right	Thru	Left	U-Turns	Right	Thru	Left	U-Turns	Right	Thru	Left	U-Turns	Right	Thru	Left	U-Turns					
07:00 AM	25	5	22	0	52	3	64	14	0	81	45	5	14	0	64	3	71	15	1	90	287
07:15 AM	25	13	22	0	60	3	82	27	1	113	46	13	14	0	73	3	90	29	2	124	370
07:30 AM	38	18	35	0	91	5	141	17	1	164	72	18	21	1	112	7	155	19	0	181	548
07:45 AM	49	25	44	1	119	7	208	34	0	249	90	25	26	0	141	8	230	37	2	277	788
<b>Total</b>	<b>137</b>	<b>61</b>	<b>123</b>	<b>1</b>	<b>322</b>	<b>18</b>	<b>495</b>	<b>92</b>	<b>2</b>	<b>607</b>	<b>253</b>	<b>61</b>	<b>75</b>	<b>1</b>	<b>390</b>	<b>21</b>	<b>546</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>672</b>	<b>1991</b>
08:00 AM	38	11	35	0	84	5	177	17	0	199	71	11	21	2	105	7	195	19	1	222	610
08:15 AM	25	14	22	3	64	5	127	20	2	154	45	14	14	0	73	7	140	22	2	171	462
08:30 AM	23	19	21	0	63	2	91	25	0	118	43	19	13	0	75	2	100	27	0	129	385
08:45 AM	23	16	21	0	60	2	75	17	2	96	44	16	13	0	73	2	83	19	4	108	337
<b>Total</b>	<b>109</b>	<b>60</b>	<b>96</b>	<b>3</b>	<b>271</b>	<b>14</b>	<b>470</b>	<b>79</b>	<b>4</b>	<b>567</b>	<b>203</b>	<b>60</b>	<b>61</b>	<b>2</b>	<b>326</b>	<b>18</b>	<b>518</b>	<b>87</b>	<b>7</b>	<b>630</b>	<b>1794</b>
<b>Grand Total</b>	<b>246</b>	<b>121</b>	<b>222</b>	<b>4</b>	<b>593</b>	<b>32</b>	<b>965</b>	<b>171</b>	<b>6</b>	<b>1174</b>	<b>456</b>	<b>121</b>	<b>136</b>	<b>3</b>	<b>716</b>	<b>39</b>	<b>1064</b>	<b>187</b>	<b>12</b>	<b>1302</b>	<b>3785</b>
<b>Approch %</b>	<b>41.5</b>	<b>20.4</b>	<b>37.4</b>	<b>0.7</b>		<b>2.7</b>	<b>82.2</b>	<b>14.6</b>	<b>0.5</b>		<b>63.7</b>	<b>18.9</b>	<b>19</b>	<b>0.4</b>		<b>3</b>	<b>81.7</b>	<b>14.4</b>	<b>0.9</b>		
<b>Total %</b>	<b>6.5</b>	<b>3.2</b>	<b>5.9</b>	<b>0.1</b>	<b>15.7</b>	<b>0.8</b>	<b>25.5</b>	<b>4.5</b>	<b>0.2</b>	<b>31</b>	<b>12</b>	<b>3.2</b>	<b>3.6</b>	<b>0.1</b>	<b>18.9</b>	<b>1</b>	<b>28.1</b>	<b>4.9</b>	<b>0.3</b>	<b>34.4</b>	
<b>Passenger Vehicles</b>	<b>219</b>	<b>107</b>	<b>196</b>	<b>2</b>	<b>527</b>	<b>31</b>	<b>858</b>	<b>151</b>	<b>5</b>	<b>1045</b>	<b>405</b>	<b>107</b>	<b>119</b>	<b>1</b>	<b>632</b>	<b>35</b>	<b>948</b>	<b>167</b>	<b>9</b>	<b>1156</b>	<b>3360</b>
<b>% Passenger Vehicles</b>	<b>89</b>	<b>88.4</b>	<b>89.6</b>	<b>50</b>	<b>88.9</b>	<b>96.9</b>	<b>88.9</b>	<b>88.3</b>	<b>83.3</b>	<b>89</b>	<b>88.8</b>	<b>88.4</b>	<b>87.5</b>	<b>33.3</b>	<b>83.3</b>	<b>89.7</b>	<b>88.8</b>	<b>89.3</b>	<b>75</b>	<b>88.8</b>	<b>88.8</b>
<b>Trucks</b>	<b>27</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>66</b>	<b>1</b>	<b>107</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>129</b>	<b>51</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>84</b>	<b>4</b>	<b>119</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>146</b>	<b>425</b>
<b>% Trucks</b>	<b>11</b>	<b>11.6</b>	<b>10.4</b>	<b>50</b>	<b>11.1</b>	<b>3.1</b>	<b>11.1</b>	<b>11.7</b>	<b>16.7</b>	<b>11</b>	<b>11.2</b>	<b>11.6</b>	<b>12.5</b>	<b>66.7</b>	<b>11.7</b>	<b>10.3</b>	<b>11.2</b>	<b>10.7</b>	<b>25</b>	<b>11.2</b>	<b>11.2</b>

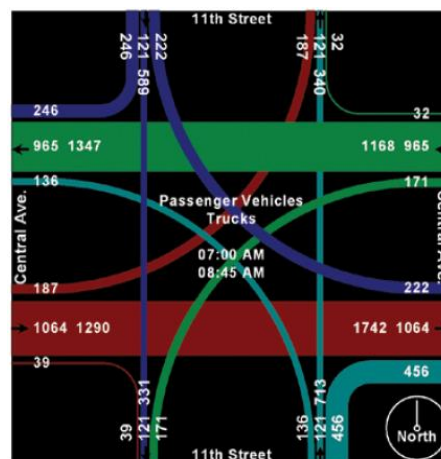
Si hay más de un grupo en el registro, el desglose se proporciona para cada grupo de datos. El software permite una representación gráfica de los datos mostrando los totales de las entradas y las salidas para cada acceso a la intersección, tal como se muestra en la Figura 4.22:

Figura 4.22. Reporte gráfico con los datos del estudio RA.



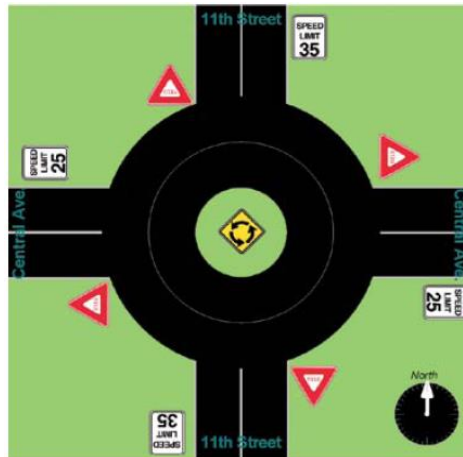
En la figura anterior, se muestran los totales de los ingresos y salidas en cada acceso, discriminándose para el caso de los ingresos, cómo se distribuyeron los movimientos en la rotonda. Para cada caso, se especifican las cantidades de vehículos de pasajeros y pesados con su respectivo total general. Igualmente, se puede generar un reporte gráfico de formato variable con los datos globales. Esta representación gráfica de los datos utiliza líneas de ancho variable para mostrar las diferencias de los volúmenes. En el medio del gráfico se indican el tiempo inicial y final y para qué grupos se muestra. En la Figura 4.23 se muestra este tipo de gráfico:

Figura 4.23. Reporte gráfico de ancho variable con los datos del estudio RA.



El software permite dibujar la intersección mediante su selección en la barra de herramientas o el menú desplegable. Además de esto, se puede agregar al reporte una foto de la intersección e importar un mapa desde "Google Earth" o "Google Maps". En la Figura 4.24 se muestra el dibujo que genera el software.

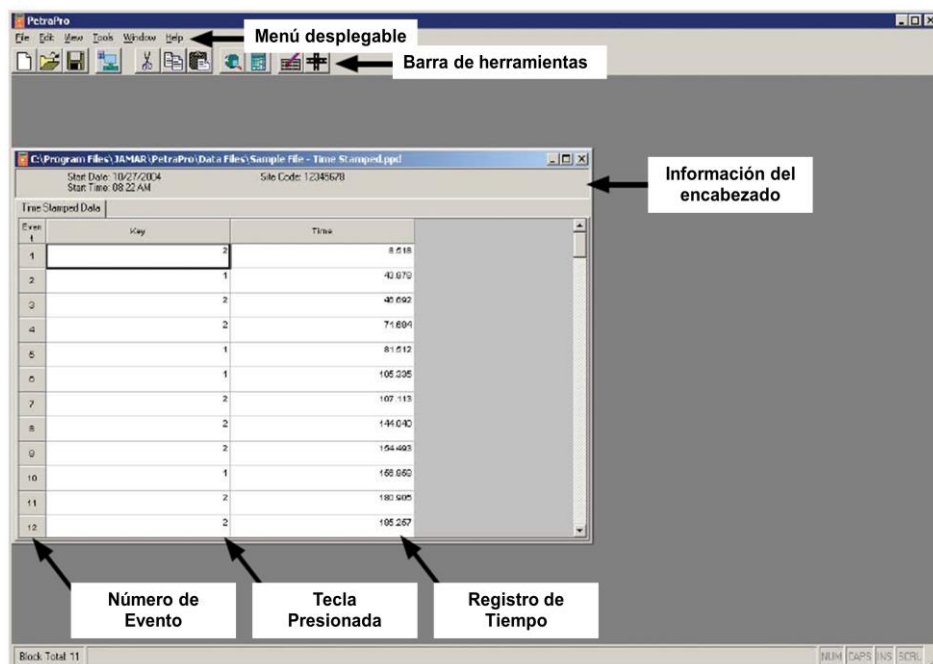
Figura 4.24. Dibujo para el estudio RA.



#### 4.4.4. Estudios de Registro de Tiempo (TS).

El archivo de un estudio de registro de tiempo aparece en una ventana del programa, por lo que se puede tener más de un archivo abierto a la vez. Este estudio contiene cuatro áreas principales de información: el encabezado, el número del evento, la tecla pulsada y el registro de tiempo. Estas áreas se muestran en la Figura 4.25:

Figura 4.25. Archivo de estudio "TS".



En este tipo de archivo, aparecen en lista las pulsaciones efectuadas durante el estudio, junto con el registro del tiempo (a la milésima de segundo), es decir, el momento exacto cuando se apretó la tecla. Estos tiempos son los transcurridos a partir de la hora de inicio del archivo. Por ejemplo, en la Figura 4.25, el tiempo de inicio es 08:22 am. El registro del tiempo de la primera tecla pulsada (2) es 8,518; lo que significa que el primer evento ocurrió a las 08:22:08,518 am. Se debe tener en cuenta que este estudio no produce reportes o informes. Este estudio está diseñado

para ser exportado a formato “Excel” para un análisis independiente posterior.

**4.4.5.Relevamiento con el TDC Ultra.**

Como caso de aplicación, dentro del relevamiento a las rotondas estudiadas (las cuales se indicaran en el Capítulo 5), se efectuó un conteo de 10 minutos con el TDC Ultra. Se utilizó el “Estudio de movimientos en Rotonda” (RA) para efectuar un conteo de los vehículos que transitaban por cada uno de los carriles de circulación la rotonda y por los carriles de entrada a la misma. La asignación de teclas utilizada se indica en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Asignación de teclas a los movimientos en el TDC Ultra.

Sobre la calle	Tecla	Movimiento
Mitre	7 (T)	$V_{cD}$
	8 (L)	$V_{cI}$
Álvarez	12 (L)	$C_D$
	11 (T)	$C_I$

en donde:

$V_{cD}$  = volumen circulante en la rotonda carril derecho

$V_{cI}$  = volumen circulante en la rotonda carril izquierdo

$C_D$  = volumen de ingreso en la rotonda por el carril derecho

$C_I$  = volumen de ingreso en la rotonda por el carril izquierdo

En la Figura 4.26 se muestra la información del Software PETRAPro con los registros del estudio.

Figura 4.26. Registro de Vc y C obtenidos con el TDC Ultra.

Start Time	Av. Poeta Lugones From North				Flujo Conflictivo Nudo Vial Mitre From East			Av. Gral. Álvarez From South			Flujo Conflictivo Nudo Vial Mitre From West			
	Right	Thru	Left	Peds	Vc Derecha	Vc Izquierda		C Izquierda	C Derecha		Right	Thru	Left	Peds
17:49	0	0	0	0	9	20	0	11	17	0	0	0	0	0
17:50	0	0	0	0	4	8	0	24	25	0	0	0	0	0
17:51	0	0	0	0	7	14	0	10	21	0	0	0	0	0
17:52	0	0	0	0	5	20	0	11	20	0	0	0	0	0
17:53	0	0	0	0	5	13	0	14	20	0	0	0	0	0
17:54	0	0	0	0	3	14	0	17	21	0	0	0	0	0
17:55	0	0	0	0	6	15	0	11	20	0	0	0	0	0
17:56	0	0	0	0	11	21	0	11	17	0	0	0	0	0
17:57	0	0	0	0	5	15	0	8	20	0	0	0	0	0
17:58	0	0	0	0	5	8	0	17	24	0	0	0	0	0

Posteriormente se exportaron los datos a una hoja de cálculo “Excel” para efectuar los procedimientos correspondientes y obtener los volúmenes para cada uno de los carriles en el periodo de medición.

A los efectos de calibrar el aparato, se efectuó un conteo de los  $V_C$  y  $C$  durante el mismo periodo de tiempo, sin emplear el equipo efectuándose la comparación que se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Comparación de los volúmenes obtenidos mediante el uso del TDC Ultra y por conteo manual.

<b>Derecha</b>					<b>Izquierda</b>				
<b>Registro TDC Ultra</b>		<b>Conteo Manual</b>			<b>Registro TDC Ultra</b>		<b>Conteo Manual</b>		
<b>V<sub>C<sub>D</sub></sub></b>	<b>C<sub>D</sub></b>	<b>V<sub>C<sub>D</sub></sub></b>	<b>C<sub>D</sub></b>	<b>V<sub>C<sub>D</sub></sub></b>	<b>C<sub>D</sub></b>	<b>V<sub>C<sub>I</sub></sub></b>	<b>C<sub>I</sub></b>	<b>V<sub>C<sub>I</sub></sub></b>	<b>C<sub>I</sub></b>
09	17	08	18	29	11	27	10		
04	25	05	24	12	24	14	18		
07	21	07	21	21	10	20	11		
05	20	05	19	25	11	23	11		
05	20	06	18	18	14	18	15		
03	21	04	22	17	17	18	14		
06	20	05	19	21	11	20	11		
11	17	10	17	32	11	29	13		
05	20	06	19	20	8	22	9		
05	24	06	22	13	17	14	18		
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>205</b>	<b>62</b>	<b>199</b>	<b>Total</b>	<b>208</b>	<b>134</b>	<b>205</b>	<b>130</b>
<b>V<sub>C</sub></b>	<b>0,97</b>				<b>V<sub>C</sub></b>	<b>1,01</b>			
<b>C</b>	<b>1,03</b>				<b>C</b>	<b>1,03</b>			

Analizados estos 10 minutos, se observa una diferencia entre ambos procedimientos de un 3% como valor máximo de error de medición.

## **5. RELEVAMIENTO DE DATOS DE CAMPO.**

### **5.1. GENERALIDADES.**

En este capítulo se describen los procedimientos utilizados para el estudio de campo de las rotondas estudiadas y sus características. Los estudios de campo se basaron en filmaciones del tránsito en el acceso de aproximación que ingresa a la rotonda, así como del tránsito que circula frente a dicha entrada.

Las rotondas relevadas están ubicadas en zonas urbanas de la ciudad de Córdoba Capital y del Municipio Villa Allende (al noroeste de la ciudad de Córdoba Capital), Provincia de Córdoba, Argentina. Como parte de los criterios para su selección, además de las condiciones adecuadas de operación, se evaluó la presencia de tránsito suficiente para poder contar una cantidad de datos apreciable y obtener valores de intervalos robustos, además de las diferentes combinaciones geométricas entre carriles de entrada y de circulación. Para la selección del acceso se verificó que el flujo entrante respete la prioridad, es decir que ceda el paso.

### **5.2. DESCRIPCIÓN DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO.**

Se efectuaron una serie de filmaciones con una duración tal, que permitiese obtener una muestra representativa del tránsito conflictivo y de los volúmenes de entrada en las rotondas relevadas. En total, se efectuaron entre dos y tres filmaciones por cada rotonda en diferentes periodos, con una duración promedio por video de un poco más de una hora, para un registro total de aproximadamente 12 horas de filmación. Los videos en formato digital fueron manipulados y revisados mediante un computador personal con la ayuda de un software de visualización de video.

Las filmaciones fueron efectuadas en horarios donde se percibió el mayor flujo de tránsito, después de haberse efectuado un reconocimiento previo de la rotonda a diferentes horas. Las rotondas fueron visitadas en los siguientes horarios: desde las 07:30 horas a las 09:00 horas, desde las 12:30 horas a las 14:00 horas y desde las 17:00 horas a las 19:00 horas; efectuándose para cada una de ellas, la filmación en el horario donde se observó mayor volumen de tránsito (hora pico). Esto fue hecho con el fin de extraer una muestra que permitiera obtener datos válidos para su posterior procesamiento. Como ya se mencionó anteriormente, en las situaciones de mayor tránsito, es posible que los conductores tiendan a aceptar intervalos críticos menores a los aceptados en horas fuera de pico.

Las características de cada una de las rotondas se especifican en el punto 5.3. Asimismo, se presenta una fotografía y un plano de planta que permiten visualizar las condiciones existentes del entorno, las configuraciones geométricas (carriles de entrada de circulación, de aproximación, isla central, isletas, etc.), así como también el punto de control desde donde se efectuó el registro del tránsito a través del video. Para la elaboración de los planos se efectuó un relevamiento in situ a través de un equipo topográfico dotado de una estación total, con el cual se identificaron los elementos geométricos y del entorno que pudiesen influenciar en el comportamiento del conductor y por ende, en los valores de  $t_c$  y  $t_f$ .

### **5.3. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ROTONDAS.**

Como objeto de este trabajo, se estudian las rotondas caracterizando las diferentes combinaciones o configuraciones geométricas, en función de los



números de carriles (tanto los carriles de circulación como los carriles de entrada). En la evaluación previa para la selección de las mismas, además de verificarse sus condiciones de operación, se escogieron aquellas que adicionalmente, permitieran físicamente tener varias de las posibles combinaciones por números de carriles, mencionada anteriormente.

En este sentido, se seleccionaron dos rotondas con dos carriles de circulación y dos carriles de entrada (2c – 2e), una rotonda con dos carriles de circulación y un carril de entrada (2c – 1e); y por último, una rotonda con un carril de circulación y un carril de entrada (1c – 1e).

**5.3.1. Rotonda “Nudo Vial Mitre” (RNM 2c – 2e).**

Esta rotonda se encuentra en las coordenadas 31°25’21,91”S – 64°10’21,07”O, está emplazada en la zona urbana de Córdoba Capital, en las proximidades de la estación de trenes y el terminal de ómnibus de la ciudad. El Nudo Vial Mitre conecta las Avenidas “Leopoldo Lugones”, “Intendente Mestre”, “Bajada Pucará”, “Bahía Blanca” y la Avenida “General Álvarez de Arena”. Estas avenidas poseen una jerarquía funcional de Arterial Secundaria sirviendo de conexión entre la zona Este y Noreste de la ciudad con el centro de la misma.

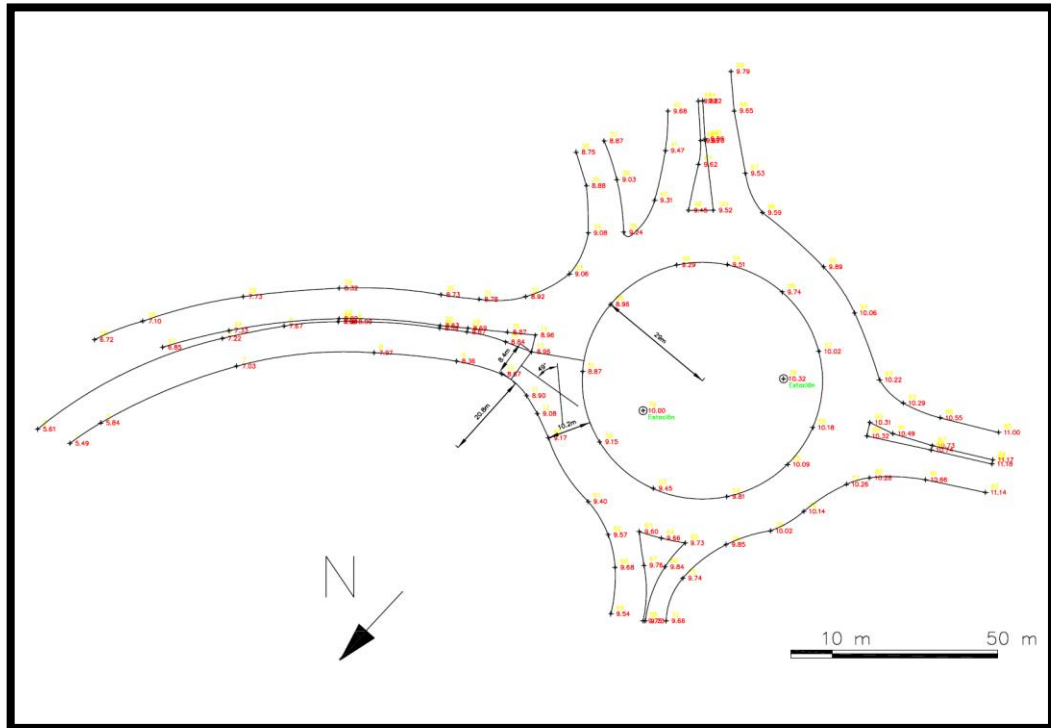
En la Figura 5.1 se muestra una fotografía satelital de la rotonda con la ubicación de los puntos relevados con la estación total. La flecha azul indica la entrada analizada y la estrella blanca indica el lugar de filmación y recolección de datos.

Figura 5.1. Fotografía de la Rotonda “RNM 2c – 2e”.



En la Figura 5.2 se muestra un plano de planta con las dimensiones de algunos elementos geométricos.

Figura 5.2. Plano de planta de la Rotonda “RNM 2c – 2e”.



Esta rotonda posee cinco ramas de aproximación, con entradas formadas por dos carriles cada una, de igual manera, existen dos carriles de circulación (2c – 2e). En las proximidades de las entradas existen isletas que separan el tránsito, además de servir de resguardo para el tránsito peatonal. En esta rotonda se estudio la rama que corresponde a la Avenida “General Álvarez de Arena” que procede del Noreste de la ciudad y entra hacia el centro, en la dirección Noreste – Suroeste, manteniendo la configuración de dos carriles de entrada con dos carriles de circulación (ver Figura 5.1). Se estima que esta rotonda posea un 1,3 % de tránsito pesado, por lo que el efecto del mismo es despreciable.

En cuanto a su geometría, su isla central tiene un diámetro de 58 metros, en un círculo inscrito de 80 metros, el ancho de la rama de entrada es de 8,4 metros (4,2 metros por carril). Posee dos carriles de circulación, con una especie de banquina. La calzada de circulación tiene un ancho de 10,2 metros en total, de los cuales 7 metros está destinado a los carriles (3,5 metros cada carril). La pendiente de la entrada es 2,4%. Aproximadamente el radio de curva y ángulo en la entrada analizada son de 20,8 m y 49° respectivamente (Ver Figura 5.2).

### 5.3.2. Rotonda “Rodríguez del Busto” (RRB 2c – 2e).

Esta rotonda se encuentra en las coordenadas 31°21’57”S – 64°13’14”O, emplazada en la zona Noroeste de Córdoba Capital, en las proximidades del Centro Comercial “Dinosaurio Mall” y el estadio “Orfeo Superdomo”, específicamente en la Intersección entre las Avenidas “Rodríguez del Busto” y “La Cordillera”. Estas avenidas poseen una jerarquía funcional de colectoras recogiendo y permitiendo el acceso del tránsito desde las Arteriales (Av. Rafael Núñez y Manuel Cardeñosa–Monseñor Pablo Cabrera) hacia las zonas comerciales y residenciales de esta zona.

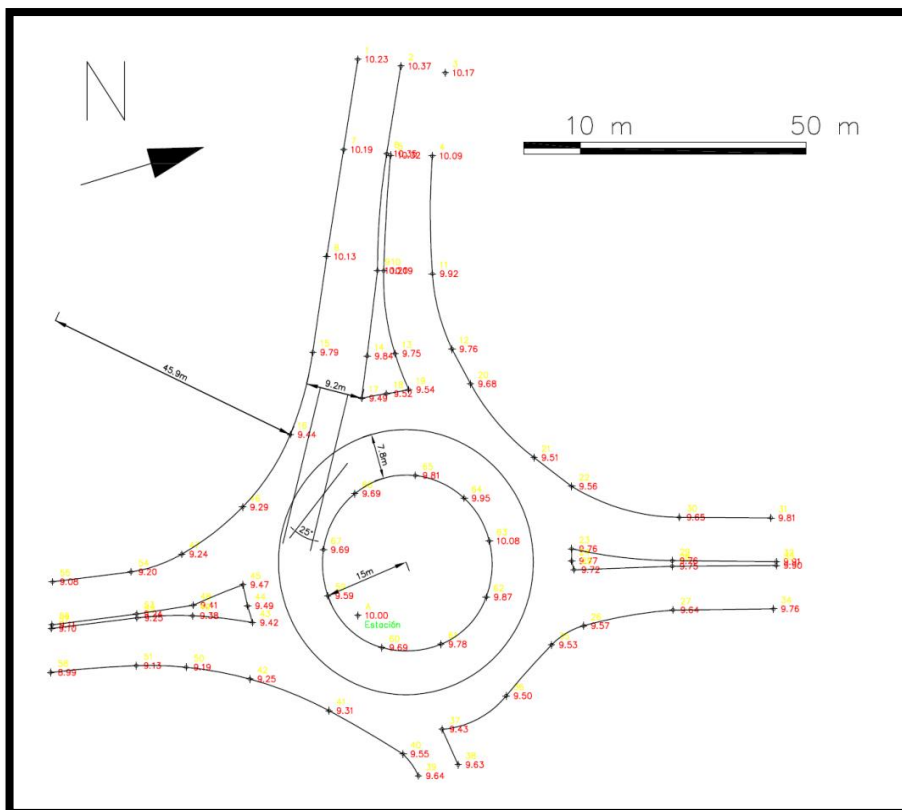
En la Figura 5.3 se muestra una fotografía satelital de la rotonda con los puntos relevados con la estación total. La flecha azul indica la entrada analizada y la estrella blanca indica el lugar de recolección de datos.

Figura 5.3. Fotografía de la Rotonda “RRB 2c – 2e”.



En la Figura 5.4 se muestra un plano de planta con las dimensiones de algunos elementos geométricos.

Figura 5.4. Plano de planta de la Rotonda “RRB 2c – 2e”.



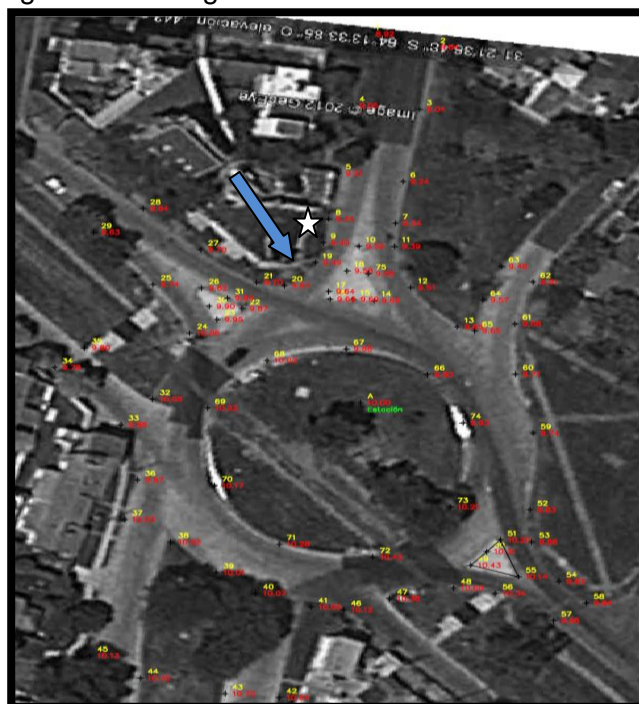
La rotonda posee tres ramas de aproximación con sus entradas y salidas, teniendo una rama adicional con sólo una salida que da acceso al Centro Comercial “Dinosaurio Mall”. Las entradas están conformadas por dos carriles cada una y presenta además, dos carriles de circulación (2c – 2e). En las proximidades de las entradas existen isletas de separación del tránsito, además de servir de resguardo para el cruce peatonal. En esta rotonda se relevó la rama que entra en la Avenida “La Cordillera” que transcurre en la dirección Noroeste – Sureste (ver Figura 5.3). Se observó muy poco tránsito pesado y estimándose un valor inferior al 1%, por lo que su efecto es despreciable.

En cuanto a su geometría, la isla central tiene un diámetro de 30 metros, en un círculo inscrito de 56 metros, su ancho de entrada es de 9,2 metros (4,6 metros por carril). Posee dos carriles de circulación, con una especie de banquina – badén. La calzada de circulación tiene un ancho de 12 metros, con 7,8 metros en total destinados a los carriles (3,6 metros cada carril). La pendiente de la entrada analizada es de -1,3 %. Aproximadamente, su radio de curva y ángulo en la entrada son de 45,9 metros y 25° respectivamente (ver Figura 5.4).

### 5.3.3. Rotonda “Lino Spilimbergo” (RLS 2c – 1e).

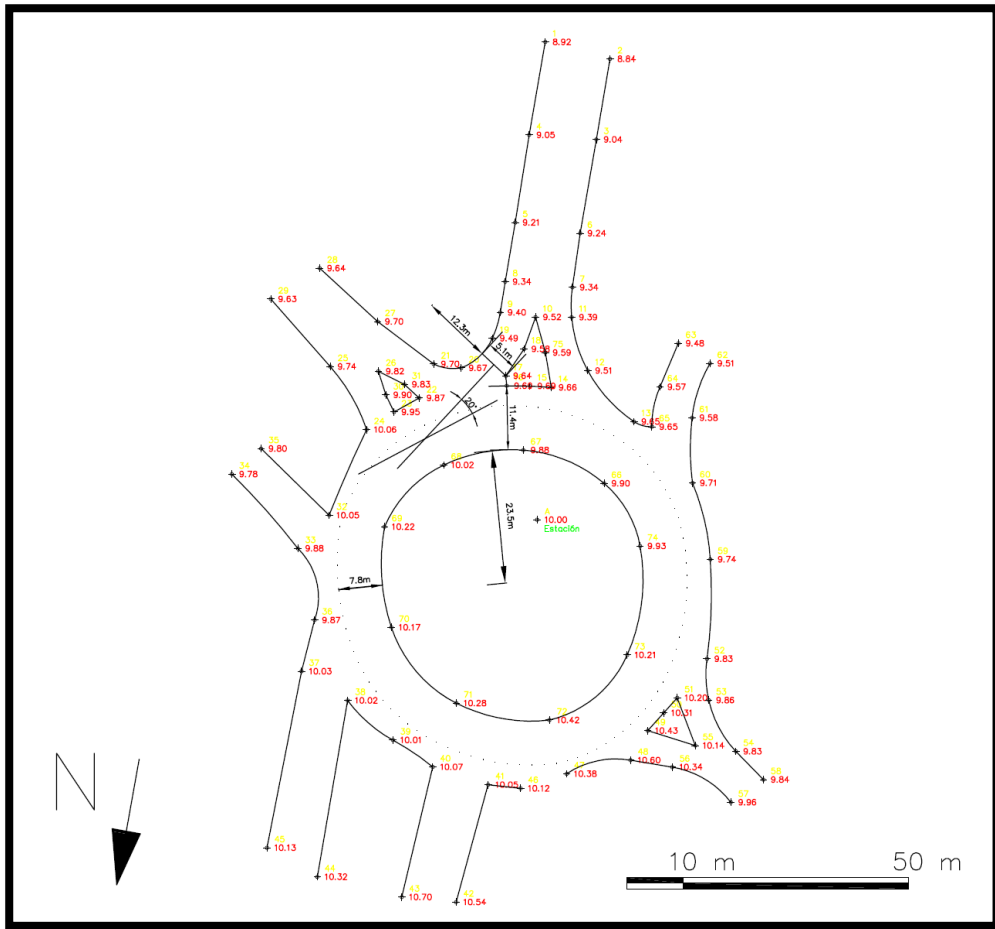
Esta rotonda se encuentra en las coordenadas 31°21'36,21”S – 64°13'34,31”O, emplazada en la zona interurbana del Noroeste de la ciudad de Córdoba, específicamente en la intersección de las Avenidas “Lino Spilimbergo”, “Manuel Cardeñosa” y “Benito Quinquela Martín”. Está atravesada por la vía férrea y en las proximidades de la estación del tren “Rodríguez del Busto”. Esta rotonda conecta las avenidas señaladas anteriormente, las cuales poseen una jerarquía funcional de Colectoras permitiendo el acceso e intercambio de tránsito entre las zonas residenciales y comerciales de la zona, con vías Arteriales como la Avenida Circunvalación y la Avenida “Manuel Cardeñosa”. En la Figura 5.5 se muestra una fotografía satelital de la rotonda con los puntos relevados con la estación total. La flecha azul indica la entrada analizada y la estrella blanca indica el lugar de recolección de datos.

Figura 5.5. Fotografía de la Rotonda “RLS 2c – 1e”.



En la Figura 5.6 se muestra un plano de planta con las dimensiones de algunos elementos geométricos.

Figura 5.6. Plano de planta de la Rotonda “RLS 2c – 1e”.



La rotonda posee cinco ramas de aproximación, de las cuales tres están conformadas por un carril por sentido (entrada y salida), una rama de dos carriles por sentido (entrada y salida) separada por un cantero central y una entrada de un solo carril. Entre las ramas de la avenida “Manuel Cardeñosa” y “Benito Quinquela Martín” existe una mediana que es atravesada por la vía férrea. Esta rotonda posee dos carriles de circulación, que se ven afectados por el paso de la red ferroviaria en sentido Sureste – Noroeste.

De igual forma, en las proximidades de las entradas existen isletas que separan el tránsito, además de permitir la circulación de peatones. En esta rotonda se estudio la rama que corresponde a la entrada de la Avenida “Lino Spilimbergo” que transcurre en dirección Sur – Norte, teniendo una configuración de un carril de entrada con dos carriles de circulación (2c – 1e) (Figura 5.5). Se observó muy poco tránsito pesado, por lo que se estima un valor muy inferior al 1%, con lo que su efecto es insignificante.

Referente a la geometría, su isla central tiene un diámetro de 47 metros, en un círculo inscrito de 70 metros, su ancho de entrada es de 5,1 metros. Posee dos carriles de circulación, con una especie de banquina – badén. La calzada de circulación tiene un ancho de 11,4 metros en total, de los cuales 7,8 metros están destinados a los carriles (3,9 metros por cada carril).

La pendiente de la entrada analizada es 0,9 %. Aproximadamente su radio de curva y el ángulo en la entrada son de 12,3 m y  $20^\circ$  respectivamente (ver Figura 5.6).

#### 5.3.4. Rotonda “Avenida Goycochea – Avenida Bodereau” (RGB 1c – 1e).

Esta rotonda está en las coordenadas  $31^\circ 17' 59,64''\text{S}$  –  $64^\circ 17' 16,78''\text{O}$ , emplazada en la zona urbana del Municipio de Villa Allende, ubicado al noroeste de la ciudad de Córdoba, en la intersección de las Avenidas “Goycochea” y “Bodereau”.

Esta rotonda conecta las avenidas señaladas anteriormente, las cuales poseen una jerarquía funcional de Colectoras permitiendo el acceso e intercambio de tránsito entre las zonas residenciales y comerciales de la zona, con vías arteriales como la Avenida Rio de Janeiro.

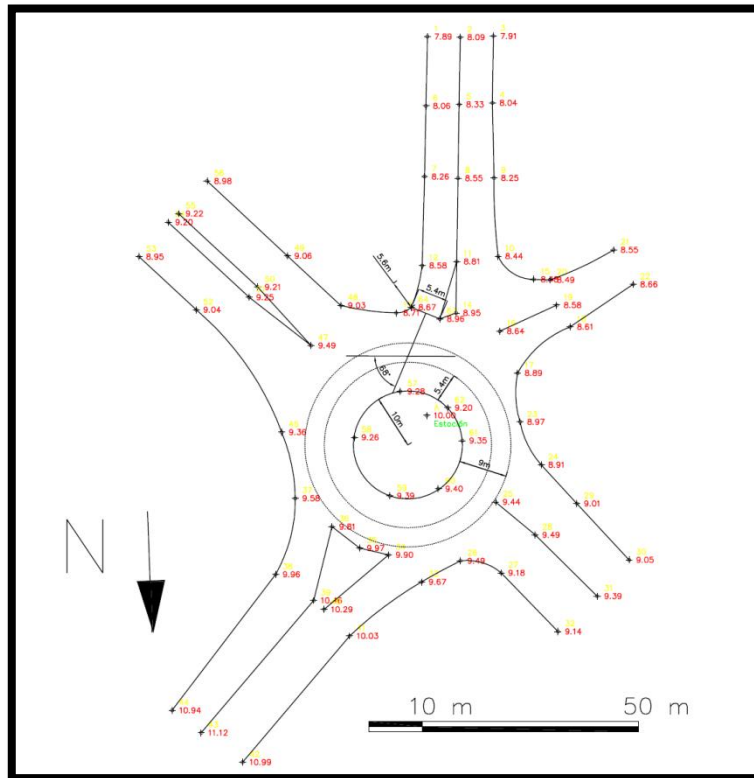
En la Figura 5.7 se muestra una fotografía satelital de la rotonda con los puntos relevados con la estación total. La flecha azul indica la entrada analizada y la estrella blanca indica el lugar de recolección de datos.

Figura 5.7. Fotografía de la Rotonda “RGB 1c – 1e”.



En la Figura 5.8 se muestra un plano de planta con las dimensiones de algunos elementos geométricos.

Figura 5.8. Plano de planta de la Rotonda “RGB 1c – 1e”.



La rotonda posee cinco ramas de aproximación, de las cuales tres están conformadas por dos carriles por sentido en cada una, separados por un canchero central y dos ramas de un carril por sentido cada una, separados por un cordón. En las proximidades de las entradas existen isletas que separan el tránsito, además de permitir la circulación de peatones. En esta rotonda se estudio la rama que corresponde a la entrada de la Avenida “Goycochea” que transcurre en dirección Sur – Norte, teniendo una configuración de un carril de entrada con un carril de circulación (1c – 1e) (ver Figura 5.7). Se observó muy poco tránsito pesado, por lo que se estima un valor inferior al 1% con efectos inapreciables.

En cuanto a la geometría, su isla central tiene un diámetro de 20 metros, en un círculo inscrito de 38 metros, su ancho de entrada es de 5,4 metros. Posee un carril de circulación, con una especie de banquina – badén. El ancho de la calzada tiene 9 metros en total, de los cuales 5,4 metros están destinados al carril de circulación. La pendiente de la entrada es 1,3 %. Aproximadamente, su radio de curva y ángulo de entrada son de 5,6 m y 68° respectivamente (ver Figura 5.8).

**5.3.5. Resumen de los parámetros geométricos de las rotondas.**

Una vez hechos los relevamientos, en la Tabla 5.1 se pueden resumir las características geométricas de los elementos de las rotondas estudiadas:

Tabla 5.1. Características geométricas de las rotondas.

Rotonda	Ø círculo inscrito (m)	Ø Isla (m)	Carriles de entrada			Carriles de circulación			Pendiente (%)	Ángulo de entrada
			Ancho Total (m)	Ancho por carril (m)	Radio de curva (m)	Ancho total calzada (m)	Ancho total carriles (m)	Ancho por carril (m)		
RNM 2c – 2e	80	58	8,4	4,2	20,8	10,2	7	3,5	2,4	49°
RRB 2c – 2e	56	30	9,2	4,6	45,9	12	7,8	3,6	-1,3	25°
RLS 2c – 1e	70	47	5,1	--	12,3	11,4	7,8	3,9	0,9	19°
RGB 1c – 1e	38	20	5,4	--	5,6	9	5,4	--	1,3	68°

## 6. PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO.

La revisión de los videos permitió registrar y medir los intervalos entre vehículos necesarios para determinar a través de los métodos anteriormente mencionados en los puntos 2.6 y 2.7, los valores de los parámetros requeridos para efectuar la calibración del modelo del HCM2010. Con el empleo de una PC, de un cronómetro y un software de visualización de video se pudieron extraer los tiempos requeridos.

Luego se procedió a conformar las bases de datos para incluir los datos registrados y proceder a efectuar los cálculos. Entre los datos registrados, se tiene el lugar, la fecha, la hora, los vehículos involucrados, tanto en la entrada como en la circulación, la cantidad de vehículos que entran en los intervalos del flujo conflictivo, los intervalos aceptados y los mayores intervalos rechazados. Del mismo modo, se registraron de forma directa, los tiempos de seguimiento, los cuales fueron promediados posteriormente.

Hay que señalar que además de procesar los datos para cada una de las rotondas, se combinaron los datos de las rotondas de igual configuración de carriles. Para esto, se unieron los datos de la rotonda RNM 2c – 2e y RRB 2c – 2e a fin de realizar un análisis y comparación de los resultados.

### 6.1. ESTIMACIÓN DEL INTERVALO CRÍTICO MEDIANTE EL MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD.

Este método fue utilizado para determinar el intervalo crítico de forma independiente del tiempo de seguimiento. Los tiempos medidos en las filmaciones fueron el “intervalo aceptado” por cada vehículo y el “mayor intervalo rechazado” por el mismo vehículo. Se entiende que el intervalo aceptado es el intervalo que utiliza un vehículo en la entrada de la rotonda para ingresar entre dos vehículos consecutivos del flujo conflictivo que circula dentro de la misma. El mayor intervalo rechazado representa el mayor tiempo entre dos vehículos consecutivos del flujo conflictivo, con el que dispuso el vehículo que espera para ingresar y no fue utilizado.

Cuando hay una cola de vehículos esperando para ingresar a la rotonda y se da el caso de algunos de estos autos ingresan, entonces el primer auto sería el único que registra un valor de “mayor intervalo rechazado”, ya que el resto de los vehículos que entraron al flujo conflictivo con él, tienen un valor de “mayor intervalo rechazado” igual a cero, por no haber tenido la posibilidad de rechazar ninguno.

Tal como se explicó en el apartado 2.6.3., se debe resolver el sistema de ecuaciones 2.9 y 2.10 para luego obtener la media y la varianza ( $\mu$  y  $\sigma^2$ ) del logaritmo del intervalo crítico de cada conductor asumiéndose una distribución log-normal. Como el método consiste en un proceso iterativo de solución del sistema de ecuaciones indicado, puede iniciarse con un valor de  $\sigma^2$  igual a la varianza de los valores de los logaritmos de los intervalos aceptados y mayor intervalo rechazado de cada conductor ( $a_i$  y  $r_i$ ). Con la resolución del sistema de ecuaciones, se calcula el valor esperado y la varianza del intervalo crítico con las ecuaciones 2.11 y 2.12.

Asimismo, se procedió a calcular los límites superior e inferior para cada una de las rotondas, con un intervalo de confianza del 95 %. En la Tabla 6.1 se resumen



los resultados, indicando el carril correspondiente, el tamaño de la muestra (n), el  $t_c$  promedio, la varianza, la desviación estándar junto con los límites.

Tabla 6.1. Resumen de intervalos críticos para cada rotonda y carril obtenido por Máxima Verosimilitud.

Carril	RNM 2c-2e		RRB 2c-2e		Combinación 2c-2e		RLS 2c-1e	RGB 1c-1e
	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Único	Único
N	408	297	286	103	694	400	166	198
$t_c$ (s)	3,34	3,34	3,43	3,17	3,34	3,34	3,56	3,60
var ( $t_c$ ) (s)	0,07	0,08	0,10	0,01	0,07	0,08	0,17	0,08
$\sigma$ ( $t_c$ ) (s)	0,26	0,29	0,31	0,12	0,26	0,29	0,41	0,28
Int. Confianza	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
$t_c$ superior (s)	3,37	3,38	3,47	3,19	3,36	3,37	3,62	3,64
$t_c$ inferior (s)	3,32	3,31	3,39	3,15	3,32	3,32	3,50	3,56

Debe señalarse que durante el procesamiento de los datos, en la RNM 2c – 2e se presentaron algunos casos de motos circulando en la rotonda como volúmenes conflictivos que obligaban al flujo de aproximación a detenerse. Para el carril izquierdo se dieron 23 casos que representan el 5,6% de la totalidad de la muestra y para el carril derecho se presentaron 9 casos que corresponden al 3%.

Se efectuó la estimación del  $t_c$  por Máxima Verosimilitud considerándose la totalidad de la muestra (incluyendo las motos), ya que al repetirse el procedimiento de cálculo excluyendo los casos de motos, el resultado no cambió. La base de datos y los cálculos efectuados para estimar el  $t_c$  por Máxima Verosimilitud, se presentan en el ANEXO “A”.

## 6.2. ESTIMACIÓN DEL INTERVALO DE SEGUIMIENTO MEDIANTE MEDICIÓN DIRECTA POR PROMEDIO DE INTERVALOS.

El método de medición directa por promedio de intervalos fue utilizado para determinar el intervalo de seguimiento de manera independiente del intervalo crítico. De acuerdo al TRB (2000), con esta metodología se pueden medir los  $t_f$  en intersecciones semaforizadas, sin embargo se deben desechar los tres primeros vehículos debidos a alteraciones que pudiesen generar el tiempo de percepción y reacción. Para el caso de las rotondas, no se necesita desechar tales vehículos, ya que el conductor está pendiente de los intervalos para entrar al flujo conflictivo.

Se procedió a calcular los límites superiores e inferiores para cada una de las rotondas, con un intervalo de confianza del 95 %. En la Tabla 6.2 se resumen los resultados, indicando el carril correspondiente, el tamaño de la muestra (n), el  $t_f$  promedio, la varianza, la desviación estándar y los límites.

Tabla 6.2. Resumen de intervalos de seguimiento para cada rotonda y carril obtenido por promedios de intervalos.

Carril	RNM 2c-2e		RRB 2c-2e		Combinación 2c-2e		RLS 2c-1e	RGB 1c-1e
	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Único	Único
n	1021	1204	511	167	1532	1371	203	197
$t_f$ (s)	2,11	2,05	2,20	2,14	2,14	2,06	2,31	2,34
var ( $t_f$ ) (s)	0,16	0,15	0,20	0,16	0,17	0,15	0,16	0,12
$\sigma$ ( $t_f$ ) (s)	0,40	0,39	0,44	0,40	0,41	0,39	0,40	0,34
Int. Confianza	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
$t_f$ superior (s)	2,13	2,07	2,24	2,20	2,16	2,08	2,37	2,39
$t_f$ inferior (s)	2,09	2,03	2,17	2,08	2,12	2,04	2,26	2,29

La base de datos para el cálculo de los promedios para estimar el  $t_f$  por medición directa, se presenta en el ANEXO “B”.

**6.3. ESTIMACIÓN CONJUNTA DEL INTERVALO CRÍTICO Y DE SEGUIMIENTO MEDIANTE REGRESIÓN LINEAL.**

El método de Regresión Lineal permite estimar de manera conjunta el intervalo crítico y el intervalo de seguimiento en condiciones de cola. Para esto se recopilamos los datos de cantidades de vehículos (n) que ingresan en la rotonda en cada intervalo de duración “t” en el flujo conflictivo ( $V_c$ ). Este intervalo (t) representa el tiempo entre vehículos del flujo que circula en la rotonda en el cual entran los vehículos del flujo de aproximación de la entrada analizada. Se calculó el promedio de los valores de “t” para cada cantidad “n”, permitiéndose efectuar la regresión lineal de “t” en función de “n”. La Tabla 6.3 resume los valores de intervalos críticos y de seguimiento para cada una de las rotondas estudiadas.

Al analizarse las regresiones y a los efectos de seleccionar la mejor regresión lineal, se consideró el valor del coeficiente de determinación  $R^2$ , el valor del estadístico t (prueba de significancia de los coeficientes) y el tamaño de la muestra u observaciones para cada valor de n. De esta forma, en algunas rotondas tuvieron que desecharse algunos de los valores de “n”, ya que las observaciones para esos “n” fueron pocas en relación a las demás, considerándose aquellos valores mayores o iguales a 10. Para el caso del carril derecho de la RRB 2c – 2e y de la RGB 1c – 1e se consideró hasta tres vehículos ingresando a pesar de tener n menores a 10.

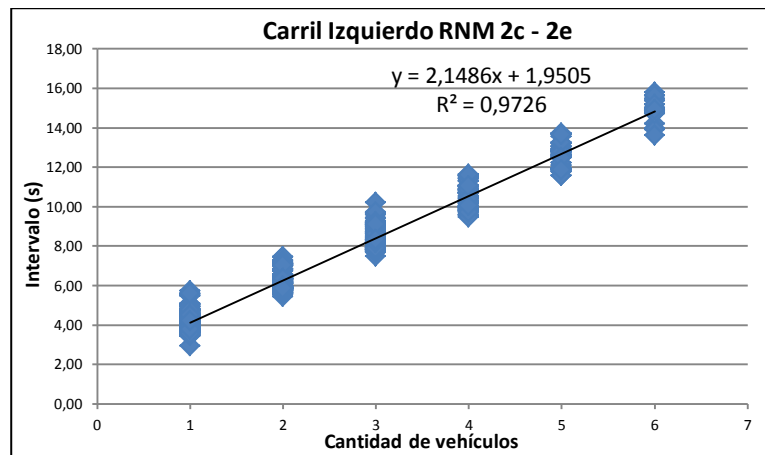
En la Tabla 6.3 se resumen los resultados de la regresión lineal, por cada carril, el tamaño de la muestra para cada “n”, el total de “n”, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), la pendiente (m), el corte en la ordenada (b) y los valores para  $t_c$  y  $t_f$  resultantes de la regresión.

Tabla 6.3. Resumen de intervalos críticos y de seguimiento para cada rotonda y carril obtenido por regresión lineal.

Carril	RNM 2c - 2e				RRB 2c - 2e				Combinación 2c - 2e				RLS 2c - 1e		RGB 1c - 1e	
	Izquierdo		Derecho		Izquierdo		Derecho		Izquierdo		Derecho		Único		Único	
n	casos	t <sub>prom.</sub>	casos	t <sub>prom.</sub>	casos	t <sub>prom.</sub>	casos	t <sub>prom.</sub>	casos	t <sub>prom.</sub>	casos	t <sub>prom.</sub>	casos	t <sub>prom.</sub>	casos	t <sub>prom.</sub>
1	239	4,11	151	4,05	115	4,15	52	4,02	354	4,12	203	4,05	39	4,19	39	4,22
2	155	6,20	123	5,98	62	6,30	12	5,94	217	6,23	135	5,97	20	6,44	20	6,54
3	90	8,47	98	8,10	31	8,61	08	8,03	121	8,51	106	8,09	10	8,53	05	9,02
4	62	10,53	44	10,19	25	10,97			87	10,66	46	10,20				
5	37	12,65	40	12,27	16	12,92			53	12,73	40	12,27				
6	19	14,88	26	14,33					26	14,91	26	14,33				
<b>Total</b>	<b>602</b>		<b>482</b>		<b>249</b>		<b>72</b>		<b>858</b>		<b>556</b>		<b>69</b>		<b>64</b>	
<b>R<sup>2</sup></b>	0,9726		0,9713		0,9600		0,9064		0,9702		0,9715		0,8615		0,9143	
<b>m</b>	2,1486		2,0581		2,2273		1,9854		2,1659		2,0573		2,0615		2,3649	
<b>b</b>	1,9505		1,9402		1,9106		2,0304		1,9484		1,9415		2,1485		1,8465	
<b>t<sub>c</sub> (s)</b>	<b>3,02</b>		<b>2,97</b>		<b>3,02</b>		<b>3,02</b>		<b>3,03</b>		<b>2,97</b>		<b>3,18</b>		<b>3,03</b>	
<b>t<sub>f</sub> (s)</b>	<b>2,15</b>		<b>2,06</b>		<b>2,23</b>		<b>1,99</b>		<b>2,17</b>		<b>2,06</b>		<b>2,06</b>		<b>2,36</b>	

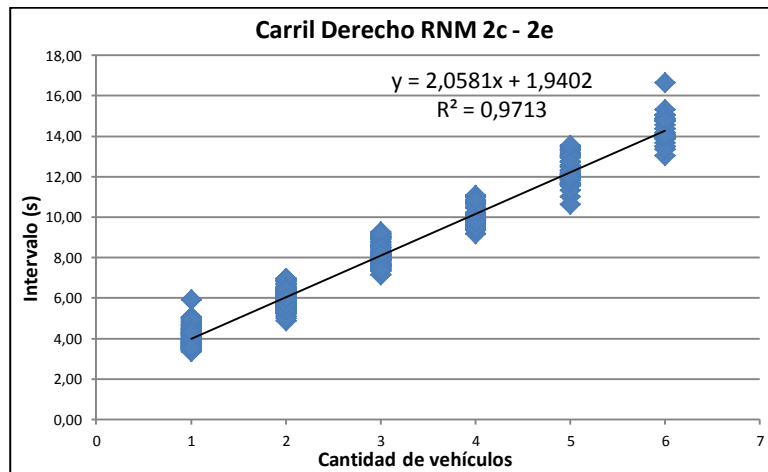
Los intervalos crítico y de seguimiento fueron calculados a partir de las regresiones efectuadas con la totalidad de los datos y no con los promedios. Esto es debido a que se tienen suficientes datos y los  $R^2$  son elevados. A continuación se presentan las curvas de regresión elegidas. En la Figura 6.1 se muestra la curva de regresión y la ecuación para el carril izquierdo de la RNM 2c – 2e.

Figura 6.1. Curva de Regresión “RNM 2c – 2e”, Carril Izquierdo



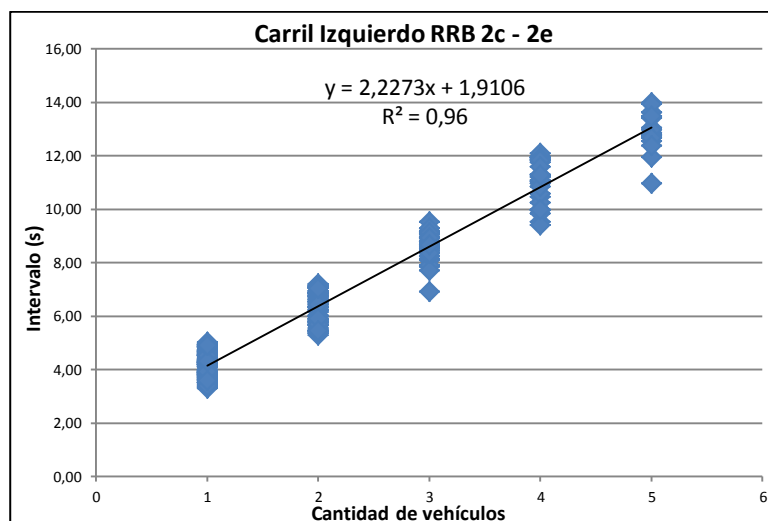
En la Figura 6.2 se muestra la curva de regresión y la ecuación para el carril derecho de la RNM 2c – 2e.

Figura 6.2. Curva de Regresión “RNM 2c – 2e”, Carril Derecho.



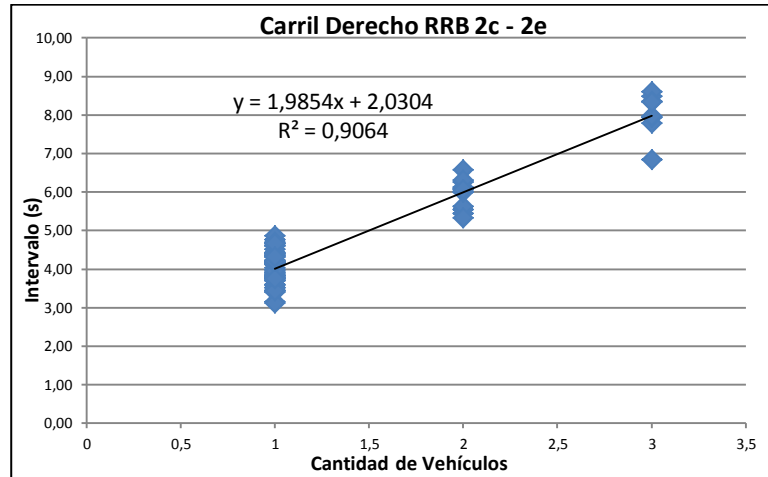
En la Figura 6.3 se muestra la curva de regresión y la ecuación para el carril izquierdo de la RRB 2c – 2e.

Figura 6.3. Curva de Regresión “RRB 2c – 2e”, Carril Izquierdo.



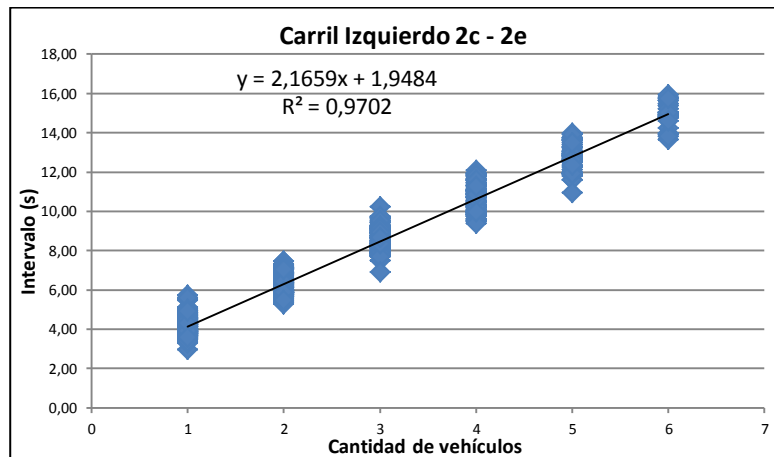
En la Figura 6.4 se muestra la curva de regresión y la ecuación para el carril derecho de la RRB 2c – 2e.

Figura 6.4. Curva de Regresión “RRB 2c – 2e”, Carril Derecho



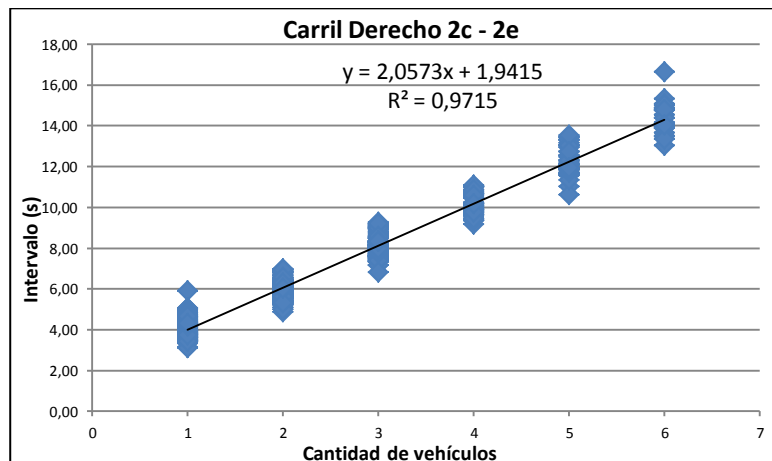
En la Figura 6.5 se muestra la curva de regresión y la ecuación para el carril izquierdo de la Combinación 2c – 2e.

Figura 6.5. Curva de Regresión “Combinación 2c – 2e”, Carril Izquierdo.



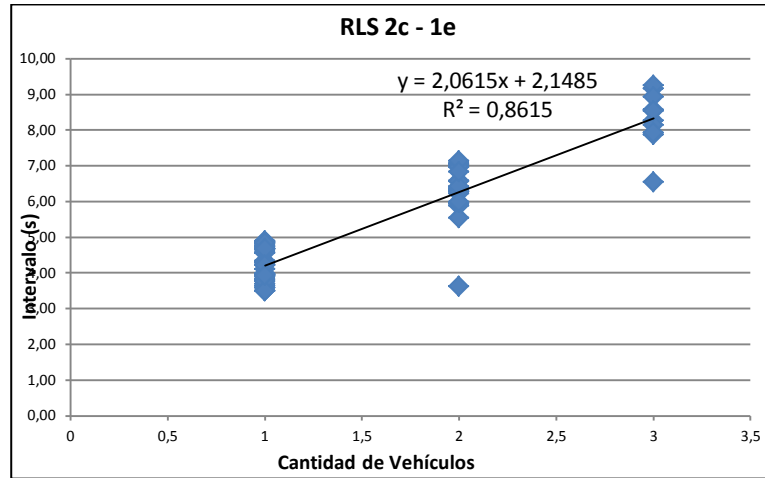
En la Figura 6.6 se muestra la curva de regresión y la ecuación para el carril derecho de la Combinación 2c – 2e.

Figura 6.6. Curva de Regresión “Combinación 2c – 2e”, Carril Derecho.



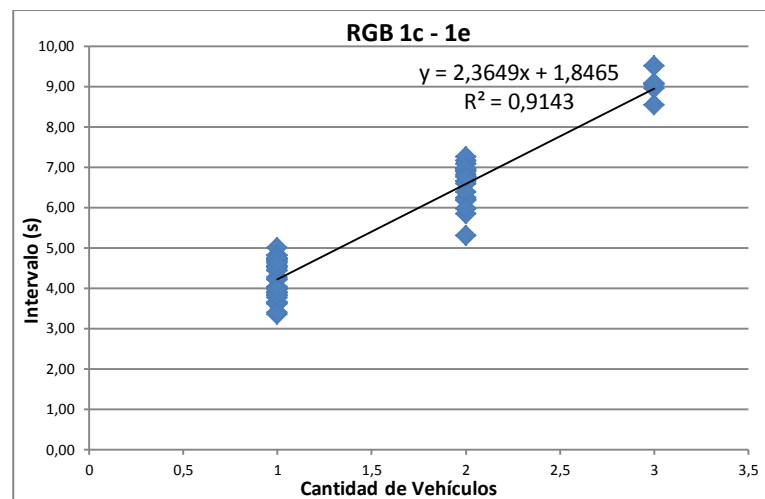
En la Figura 6.7 se muestra la curva de regresión y la ecuación para la “RLS 2c – 1e”.

Figura 6.7. Curva de Regresión “RLS 2c – 1e”.



En la Figura 6.8 se muestra la curva de regresión y la ecuación para la “RGB 1c – 1e”.

Figura 6.8. Curva de Regresión “RGB 1c – 1e”.



La base de datos para estimar el  $t_c$  y  $t_f$  por regresión lineal se presentan en el ANEXO “C”.

#### 6.4. ESTIMACIÓN CONJUNTA DEL INTERVALO CRÍTICO Y DE SEGUIMIENTO POR REGRESIÓN LINEAL A PARTIR DE VALORES DE C y $V_c$ .

Como ya se describió en el aparte 2.6, es requisito que exista cola (por lo menos dos autos) para poder aplicar esta metodología, ya que se basa en la medición de la capacidad. A los efectos de su aplicación, se debe señalar que mientras más pequeño es el intervalo de observación hay mayor probabilidad de cometer errores en la conversión de los volúmenes medidos a volúmenes por hora. Esto se debe a que una diferencia de muy pocos autos pueden generar distorsiones en el resultado del volumen horario final. Para disminuir estos efectos, se requiere tener una muestra grande.

El procedimiento fue descrito en el apartado 2.6.6, para lo cual se deben registrar los volúmenes conflictivos ( $V_c$ ) y la Capacidad (C) en una entrada. Sólo se

observó cola continua en la Rotonda “RNM 2c – 2e”, por lo que se debió aplicar la metodología descrita en el apartado 2.7.2.2 para el resto de las rotondas.

**6.4.1. Con cola continua.**

Sólo se observó cola continua en la RNM 2c – 2e durante un lapso prolongado de más de una hora, por lo que se tomaron mediciones de un minuto para obtener 85 muestras en cada carril de entrada.

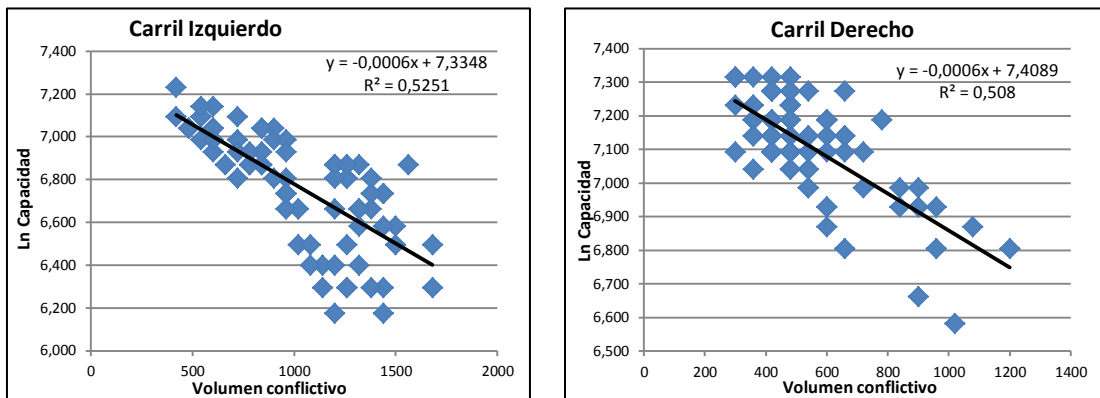
En la Tabla 6.4 se muestran los resultados obtenidos al efectuar la regresión.

Tabla 6.4. Regresión Lineal a partir de  $V_c$  y  $C$  en la Rotonda “RNM 2c – 2e”.

	Carril	n	Ln A	A	B	$t_c$	$t_f$
RNM 2c - 2e	Izquierdo	85	7,3348	1533	0,0006	3,33	2,35
	Derecho	85	7,4089	1651	0,0006	3,25	2,18

En la Figura 6.9 se muestra las curvas de regresión a partir de  $V_c$  y  $C$ .

Figura 6.9. Curvas de regresión a partir de  $V_c$  y  $C$  de la Rotonda “RNM 2c – 2e”.



**6.4.2. Sin cola continua.**

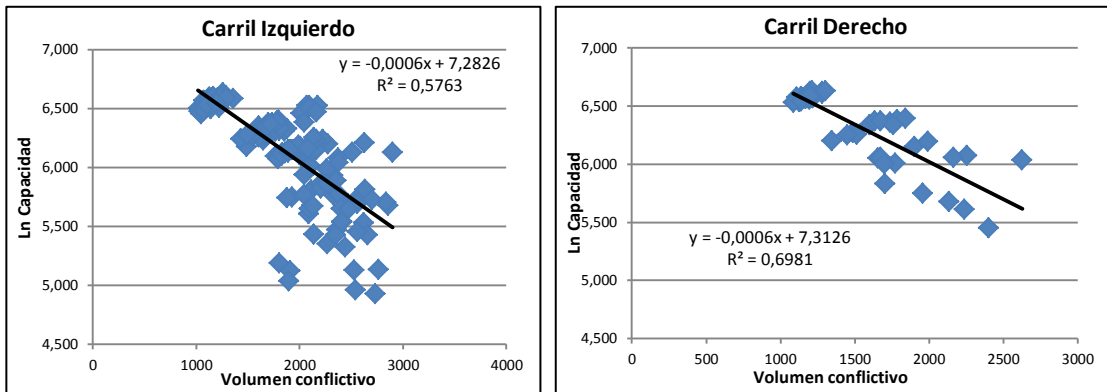
En las rotondas “RRB 2c – 2e”, “RLS 2c – 1e” y “RGB 1e – 1e” no se observó cola continua durante el período de filmación, por lo que se procedió a efectuar el procedimiento descrito en el apartado 2.7.2.2. En la Tabla 6.5 se muestran los resultados obtenidos al efectuar la regresión.

Tabla 6.5. Regresión Lineal a partir de  $V_c$  y  $C$  en las Rotondas “RRB 2c – 2e”, “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e”.

	Carril	n	Ln A	A	B	$t_c$	$t_f$
RRB 2c - 2e	Izquierdo	169	7,2826	1455	0,0006	3,40	2,47
	Derecho	45	7,3126	1499	0,0006	3,36	2,40
RLS 2c - 1e	Único	81	7,2619	1425	0,0006	3,42	2,53
RGB 1c - 1e	Único	113	7,1901	1326	0,0006	3,52	2,71

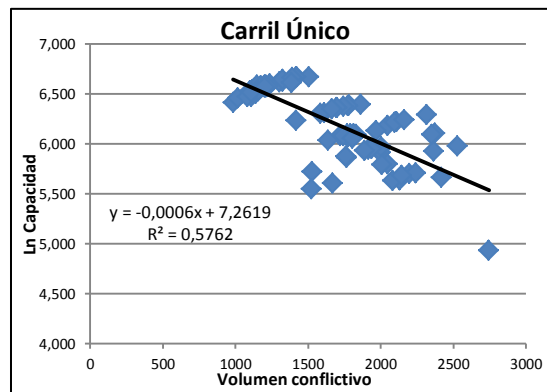
En la Figura 6.10 se muestran las curvas de regresión a partir de  $V_c$  y  $C$  de la rotonda RRB 2c – 2e.

Figura 6.10. Curvas de regresión a partir de Vc y C de la Rotonda “RRB 2c – 2e”.



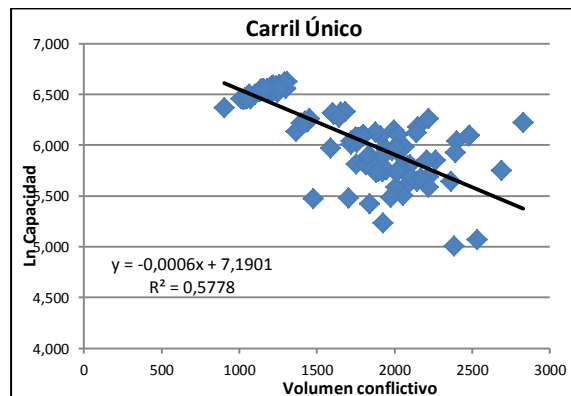
En la Figura 6.11 se muestra la curva de regresión a partir de Vc y C de la rotonda RLS 2c – 1e.

Figura 6.11. Curvas de regresión a partir de Vc y C de la Rotonda “RLS 2c – 1e”.



En la Figura 6.12 se muestra la curva de regresión a partir de Vc y C de la rotonda RGB 1c – 1e.

Figura 6.12. Curvas de regresión a partir de Vc y C de la Rotonda “RGB 1c – 1e”.



### 6.4.3. Combinación de RNM y RRB (2c – 2e).

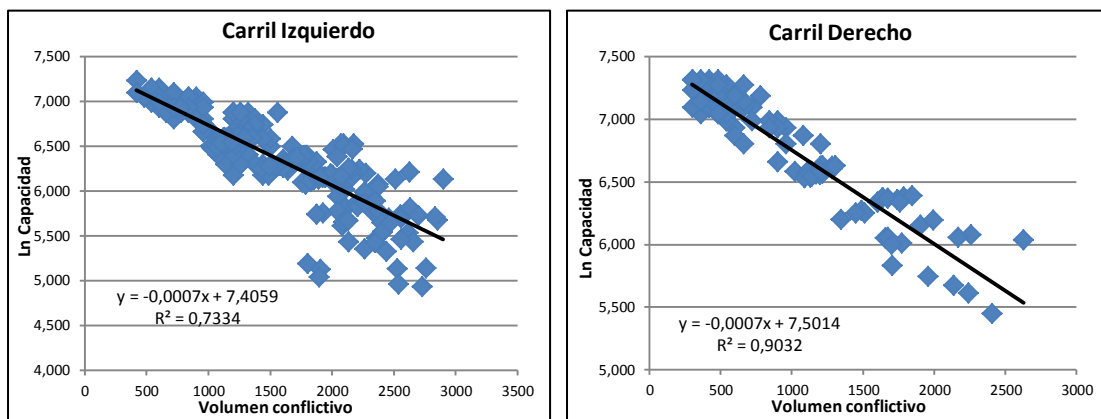
Se combinaron los datos de las dos rotondas de configuración 2c – 2e, obtenidos por cada uno de los métodos (existencia de cola continua y sin cola continua). En la Tabla 6.6 se muestran los resultados.

Tabla 6.6. Regresión Lineal a partir de  $V_c$  y  $C$  en las rotondas “2c – 2e”.

	Carril	n	Ln A	A	B	$t_c$	$t_f$
2c - 2e	Izquierdo	254	7,4059	1646	0,0007	3,61	2,19
	Derecho	130	7,5014	1811	0,0007	3,51	1,99

En la Figura 6.13 se muestran las curvas de regresión a partir de  $V_c$  y  $C$  de la combinación de datos de las rotondas 2c – 2e.

Figura 6.13. Curvas de regresión a partir de  $V_c$  y  $C$  de la combinación 2c – 2e.



En el ANEXO “D” se muestra la base de datos de  $V_c$  y  $C$  para estimar el  $t_c$  y  $t_f$  por el método de regresión lineal.

### 6.4.4. Comparación de la aplicación de ambos métodos.

A los efectos de estimar el error o diferencia entre los registros durante cola y las estimaciones sin cola continua, se procesaron siete minutos de filmación de la rotonda “RNM 2c – 2e” por ambos procedimientos obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 6.7.

Tabla 6.7. Comparación de los  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos durante cola y sin cola continua.

RNM 2c - 2e	Carril	Con cola continua			Sin cola continua			error $t_c$	error $t_f$
		$t_c$	$t_f$	$R^2$	$t_c$	$t_f$	$R^2$		
RNM 2c - 2e	Izquierdo	3,36	2,41	0,4828	3,42	2,52	0,469	1,6%	4,3%
	Derecho	3,36	2,40	0,4363	3,39	2,47	0,4235	1,0%	2,8%

Se observa que la diferencia entre ambos métodos para el  $t_c$  está en el orden del 1% y para el  $t_f$  se encontraron mayores discrepancias llegándose al 4,3% para el caso del carril izquierdo. En todos los casos, el método aplicado “sin cola continua” arrojó valores de los intervalos mayores, lo que



implica una disminución de la capacidad en comparación a los resultados en condiciones de cola continua, tal como se puede observar en la Tabla 6.8.

Tabla 6.8. Comparación de los valores de “A” y “B” obtenidos por ambos métodos.

		Con cola continua		Sin cola continua	
		A	B	A	B
RNM 2c - 2e	Carril				
	Izquierdo	1494	0,0006	1430	0,0006
	Derecho	1501	0,0006	1459	0,0006

Es importante señalar que durante los siete minutos, para el caso de “cola continua” se registraron un total de 110 autos ingresando por el carril izquierdo y 143 autos por el carril derecho. Por otra parte, en la aplicación del método para las condiciones “sin cola continua”, se contabilizaron durante el mismo periodo un total de 43 casos para el carril izquierdo y 23 para el carril derecho.

Esta diferencia se debe a que, en la aplicación del método sin cola continua, sólo se consideran los tiempos de servicio de aquellos autos que se detienen en la línea de “ceda el paso” y el tiempo de movimiento del segundo auto en cola hasta la línea de parada. Por consiguiente, durante este procedimiento quedan excluidos los autos que entran en seguimiento a la rotonda.

En el ANEXO “E” se muestra la base de datos de  $V_C$  y  $C$ , además de los gráficos de regresión para estimar el  $t_c$  y  $t_f$  por ambos métodos.

**6.4.5. Comparación de los registros obtenidos con el “TDC Ultra” en la Rotonda “RNM 2c – 2e”.**

Como fue indicado en el aparte 4.4.5, se efectuó un relevamiento a través del TDC Ultra registrándose los  $V_C$  y  $C$  por un periodo de 10 minutos. Para ello, se utilizó el Estudio de Movimientos en Rotonda (RA) y se exportaron los datos a una hoja de cálculo Excel para hacer la estimación de  $t_c$  y  $t_f$ .

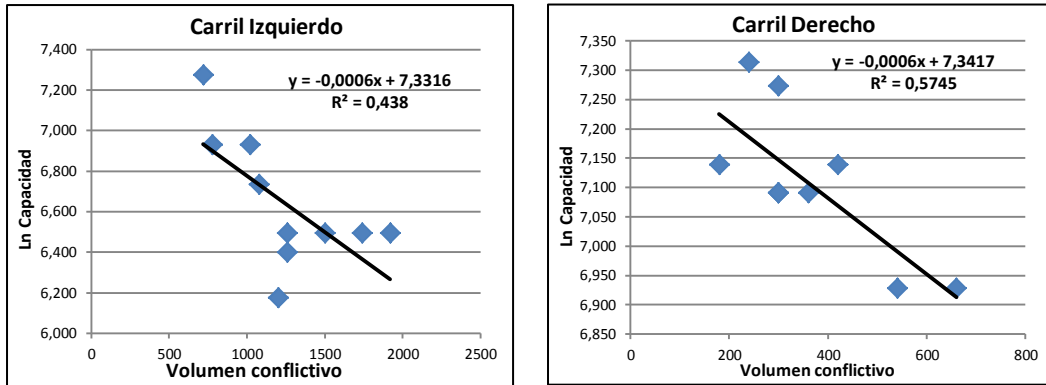
Se procedió a convertir los volúmenes de cada minuto a volúmenes por hora y se efectuó la regresión. Debe recordarse que para el carril de la entrada izquierda se consideran los volúmenes conflictivos de los dos carriles circulantes. En la Tabla 6.9 se muestran los resultados de la regresión.

Tabla 6.9. Valores de  $t_c$  y  $t_f$  a partir de la regresión lineal de  $V_C$  y  $C$  obtenidos con el TDC Ultra.

		Carril	Ln A	A	B	$t_c$	$t_f$
RNM 2c - 2e	Izquierdo		7,3316	1528	0,0006	3,34	2,36
	Derecho		7,3417	1543	0,0006	3,33	2,33

En la Figura 6.14 se muestran las curvas de regresión de  $V_C$  y  $C$  a partir de datos medidos con el TDC Ultra.

Figura 6.14. Curvas de regresión de  $V_c$  y  $C$  medidos con el TDC Ultra (10 minutos).



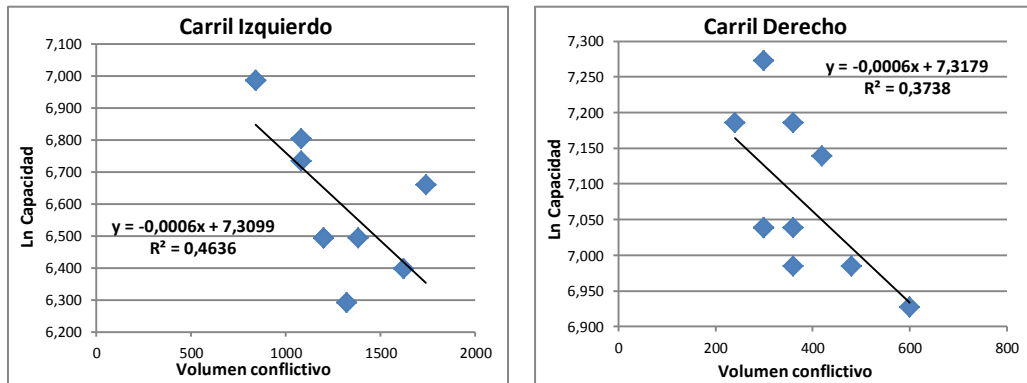
Del mismo modo, se efectuó el conteo manual de los mismos 10 minutos y por haberse observado una diferencia del 3% en los  $V_c$  y  $C$ , entre los dos procedimientos descritos, se efectuó la respectiva regresión a partir de los datos mostrados en la Tabla 4.2. Los resultados de esta última regresión se presentan en la Tabla 6.10.

Tabla 6.10. Valores de  $t_c$  y  $t_f$  a partir de la regresión lineal de  $V_c$  y  $C$  obtenidos por conteo manual.

	Carril	A	B	$t_c$	$t_f$
RNM 2c - 2e	Izquierdo	1495	0,0006	3,36	2,41
	Derecho	1507	0,0006	3,35	2,39

En la Figura 6.15 se muestran las curvas de regresión de  $V_c$  y  $C$  a partir del conteo manual.

Figura 6.15. Curvas de regresión de  $V_c$  y  $C$  a partir del conteo manual (10 minutos).



En la Tabla 6.11 se comparan ambos resultados.

Tabla 6.11. Comparación de  $t_c$  y  $t_f$  calculados por regresión de  $V_c$  y  $C$  (TDC Ultra y Conteo Manual).

RNM 2c - 2e	Carril	TDC Ultra		Conteo manual		error $t_c$	error $t_f$
		$t_c$	$t_f$	$t_c$	$t_f$		
	Izquierdo	3,34	2,36	3,36	2,41	-0,77%	-2,19%
	Derecho	3,33	2,33	3,35	2,39	-0,84%	-2,41%

Al confrontarse los resultados, se observa que los  $t_c$  y  $t_f$  calculados a partir de los registros de  $V_C$  y  $C$  medidos por el aparato TDC Ultra, son menores a los valores calculados a partir de datos obtenidos por conteo manual, representando para el  $t_c$  una diferencia por debajo del 1% y para el  $t_f$  un máximo de 2,41% en el carril derecho. Estas discrepancias implican un cambio en el coeficiente "A", aproximadamente en la misma proporción, lo que representa un leve incremento en la capacidad. Los coeficientes resultantes se pueden observar en la Tabla 6.12.

Tabla 6.12. Comparación de los coeficientes "A" y "B" a partir de los  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos (TDC Ultra y Conteo Manual).

	Carril	TDC Ultra		Conteo manual		error A	error B
		A	B	A	B		
RNM 2c - 2e	Izquierdo	1528	0,0006	1495	0,0006	2,15%	0,00%
	Derecho	1543	0,0006	1507	0,0006	2,35%	0,00%

## 6.5. FACTORES DE AJUSTE DE LOS INTERVALOS POR LA PRESENCIA DE VEHÍCULOS PESADOS.

En rotondas el HCM 2010 calcula la capacidad en autos por hora por carril (ver apartado 3.2), es decir que los  $t_c$  y  $t_f$  propuestos son para un flujo de tránsito compuesto solamente por automóviles. En el apartado 2.6.7, se indicó la metodología para valorar los incrementos de  $t_c$  y  $t_f$  a consecuencia de las pendientes, la geometría y la presencia de los vehículos en las intersecciones no semaforizadas controladas por dos señales de pare (TWSC). Asumiendo que estas correcciones pudieran aplicarse al caso de rotondas se decidió analizarlas para los casos estudiados.

Como las pendientes de las rotondas estudiadas están por debajo del 3%, éste factor tiene un efecto despreciable en el resultado del cálculo de los intervalos, desestimándose el término referente a la pendiente. Del mismo modo, no se considera el término de ajuste por geometría debido a que no existen giros a la izquierda. Por consiguiente, el  $t_c$  y  $t_f$  calculados por los métodos anteriores (considerados como base) deberían ajustarse sólo por la presencia de vehículos pesados.

En el relevamiento efectuado se verificó que los vehículos pesados que circulaban por estas rotondas eran en su mayoría, colectivos de transporte público, suponiendo que esto se debe al carácter urbano de las rotondas, su ubicación y clasificación tipológica – funcional. Para los accesos en estudio no se observaron vehículos pesados esperando en la línea de parada para aceptar o rechazar intervalos. En el caso de la RNM 2c -2e se observaron algunos casos de vehículos pesados ingresando detrás de un automóvil.

### 6.5.1. Factor de ajuste del $t_c$ por presencia de vehículos pesados.

La reducción del intervalo crítico por pesados considera el efecto a través de un coeficiente y la proporción existente de estos vehículos, a partir de la Ecuación 2.18 propuesta por el HCM2010, y suprimidos los términos correspondientes a la geometría y la pendiente, se deriva la Ecuación 6.1:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV}PHV \quad (6.1)$$

despejando el factor de corrección por presencia de pesados se obtiene la Ecuación 6.2:

$$t_{c,HV} = \frac{t_{c,x} - t_{c,base}}{PHV} \quad (6.2)$$

donde

$t_{c,x}$  = intervalo crítico para el movimiento  $x$

$t_{c,base}$  = intervalo crítico base

$t_{c,HV}$  = factor de ajuste por vehículos pesados

$PHV$  = proporción de vehículos pesados

Dado a que en las rotondas analizadas no se observaron vehículos pesados esperando en la línea de parada para aceptar o rechazar intervalos, el efecto de la presencia de vehículos pesados en el  $t_c$  no pudo estimarse por la ausencia de datos.

### 6.5.2. Factor de ajuste del $t_f$ por presencia de vehículos pesados.

Similarmente al caso del  $t_c$ , la reducción del intervalo de seguimiento por pesados contempla un coeficiente y la proporción existente de los vehículos pesados, como se muestra en la Ecuación 6.3:

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV}PHV \quad (6.3)$$

despejando el factor de corrección por presencia de pesados se obtiene la Ecuación 6.4:

$$t_{f,HV} = \frac{t_{f,x} - t_{f,base}}{PHV} \quad (6.4)$$

donde

$t_{f,x}$  = intervalo de seguimiento para el movimiento  $x$

$t_{f,base}$  = intervalo de seguimiento base

$t_{f,HV}$  = factor de ajuste por vehículos pesados

$PHV$  = proporción de vehículos pesados

Solo en la RNM 2c -2e se observaron algunos casos de vehículos pesados ingresando a la rotonda. En el carril de la entrada izquierda se registraron 14 vehículos pesados durante todas las filmaciones, sin observarse vehículo pesado siguiendo a otro pesado, es decir, el pesado seguía a un liviano. Este  $t_f$  promedio resultó igual a 2,86 s. Para el carril de la entrada derecha, se registraron 13 vehículos pesados, de igual manera sin observarse caso de vehículo pesado seguido por otro pesado; lo que arrojó un  $t_f$  promedio igual a 2,79 s.

Se calculó la proporción que representan estos vehículos, obteniéndose para el carril izquierdo el 1,35% y para el carril derecho el 1,07%. Por tratarse de proporciones muy bajas que aproximan el valor a "cero", el efecto

no es significativo sobre el  $t_f$  base calculado por los métodos previamente descriptos.

Sin embargo, analizados los promedios se advierte que no se encuentran dentro de los límites superiores e inferiores (intervalo de confianza) calculados por medición directa, lo que demuestra que el  $t_f$  se ve afectado por la presencia de pesados. Por esta razón, se deduce que de haber un incremento de las proporciones de los vehículos pesados, se generaría un efecto desfavorable en las capacidades de las rotondas por el incremento del  $t_f$  ajustado.

## 6.6. RESUMEN DE $t_c$ Y $t_f$ OBTENIDOS.

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos para los parámetros  $t_c$  y  $t_f$  en cada una de las rotondas estudiadas. Inicialmente se presentarán los resultados comparándose todas las rotondas entre sí, discriminando los métodos usados, para el caso de la estimación conjunta y para la estimación independiente ( $t_c$  por el método de "Máxima Verosimilitud" y  $t_f$  por "Medición Directa") en el punto 6.6.1. Luego, se presentarán los resultados en cada una de las rotondas de forma particular comparando las estimaciones en el punto 6.6.2.

De esta forma, obtenidos los  $t_c$  y  $t_f$ , se determinaron los coeficientes "A" y "B" del modelo de capacidad del HCM2010 para cada caso en particular.

### 6.6.1. Resultados y comparación entre todas las rotondas.

En este apartado se presentan los resultados en todas las rotondas de acuerdo a los métodos de estimación de  $t_c$  y  $t_f$  utilizados; a fin de contrastarlos en función de las configuraciones geométricas. Las curvas de capacidad con los coeficientes "A" y "B" calculados a partir de los valores de  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos, se muestran en el ANEXO "F".

#### 6.6.1.1. Método de Máxima Verosimilitud ( $t_c$ ) y Medición Directa ( $t_f$ ).

Estos métodos fueron utilizados para determinar de forma independiente el  $t_c$  y el  $t_f$ , a partir de estos se calcularon los coeficientes A y B. En la Tabla 6.13 se muestran los resultados.

Tabla 6.13. Valores de  $t_c$  y  $t_f$  de todas las rotondas por M.V. y M.D.

Rotonda	Entrada	$t_c$	$t_f$	A	B
RNM 2c - 2e	Izquierda	3,34	2,11	1706	0,0006
	Derecha	3,34	2,05	1754	0,0006
RRB 2c - 2e	Izquierda	3,43	2,20	1633	0,0006
	Derecha	3,17	2,14	1682	0,0006
Combinación 2c - 2e	Izquierda	3,34	2,14	1681	0,0006
	Derecha	3,34	2,06	1745	0,0006
RLS 2c - 1e	Única	3,56	2,31	1556	0,0007
RGB 1c - 1e	Única	3,60	2,34	1539	0,0007

#### 6.6.1.2. Método de Regresión Lineal.

Este método fue empleado para determinar de forma conjunta el  $t_c$  y el  $t_f$ , a partir de los registros de  $t$  (intervalo) y  $n$  (número de vehículos). En la Tabla 6.14 se muestran los resultados.

Tabla 6.14. Valores de  $t_c$  y  $t_f$  de todas las rotondas por Regresión Lineal.

Rotonda	Entrada	$t_c$	$t_f$	$R^2$	A	B
RNM 2c - 2e	Izquierda	3,02	2,15	0,973	1676	0,0005
	Derecha	2,97	2,06	0,971	1749	0,0005
RRB 2c - 2e	Izquierda	3,02	2,23	0,960	1616	0,0005
	Derecha	3,02	1,99	0,906	1813	0,0006
Combinación 2c - 2e	Izquierda	3,03	2,17	0,970	1662	0,0005
	Derecha	2,97	2,06	0,972	1750	0,0005
RLS 2c - 1e	Única	3,18	2,06	0,862	1746	0,0006
RGB 1c - 1e	Única	3,03	2,36	0,914	1522	0,0005

**6.6.1.3. Método de Regresión Lineal de los valores de  $V_c$  y C.**

Este método fue empleado para determinar de forma conjunta el  $t_c$  y el  $t_f$ , a partir de los registros de  $V_c$  (volumen conflictivo) y C (Capacidad). En la Tabla 6.15 se muestran los resultados.

Tabla 6.15. Resultados de  $t_c$  y  $t_f$  de todas las rotondas a partir de  $V_c$  y C.

Rotonda	Entrada	$t_c$	$t_f$	$R^2$	A	B
RNM 2c - 2e	Izquierda	3,33	2,35	0,525	1533	0,0006
	Derecha	3,25	2,18	0,508	1651	0,0006
RRB 2c - 2e	Izquierda	3,40	2,47	0,576	1455	0,0006
	Derecha	3,36	2,40	0,698	1499	0,0006
Combinación 2c - 2e	Izquierda	3,61	2,19	0,733	1646	0,0007
	Derecha	3,51	1,99	0,903	1811	0,0007
RLS 2c - 1e	Única	3,42	2,53	0,576	1425	0,0006
RGB 1c - 1e	Única	3,52	2,71	0,578	1326	0,0006

**6.6.2. Resultados y comparación en cada rotonda específica.**

En este apartado se presentan los resultados de cada una de las rotondas por separado, a fin de comparar los valores de  $t_c$  y el  $t_f$  obtenidos por cada uno de los métodos utilizados. Las curvas de capacidad con los coeficientes "A" y "B" calculados a partir de los valores de  $t_c$  y  $t_f$ , se muestran en el ANEXO "F".

**6.6.2.1. RNM 2c – 2e.**

En la Tabla 6.16 se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los métodos para la RNM 2c – 2e.

Tabla 6.16. Comparación por métodos de  $t_c$  y  $t_f$  en la RNM 2c – 2e.

Carril de Entrada	MV	MD	RL			RL $V_c$ y C		
	$t_c$	$t_f$	$t_c$	$t_f$	$R^2$	$t_c$	$t_f$	$R^2$
Izquierdo	3,34	2,11	3,02	2,15	0,973	3,33	2,35	0,525
Coeficiente A	1706		1676			1533		
Coeficiente B	0,0006		0,0005			0,0006		
Derecho	3,34	2,05	2,97	2,06	0,971	3,25	2,18	0,508
Coeficiente A	1754		1749			1651		
Coeficiente B	0,0006		0,0005			0,0006		

**6.6.2.2. RRB 2c – 2e.**

En la Tabla 6.17 se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los métodos para la RRB 2c – 2e.

Tabla 6.17. Comparación por métodos de  $t_c$  y  $t_f$  en la RRB 2c – 2e.

Carril de Entrada	MV	MD	RL			RL Vc y C		
	$t_c$	$t_f$	$t_c$	$t_f$	$R^2$	$t_c$	$t_f$	$R^2$
Izquierdo	3,43	2,20	3,02	2,23	0,960	3,40	2,47	0,576
Coeficiente A	1633		1616			1455		
Coeficiente B	0,0006		0,0005			0,0006		
Derecho	3,17	2,14	3,02	1,99	0,906	3,36	2,40	0,698
Coeficiente A	1682		1813			1499		
Coeficiente B	0,0006		0,0006			0,0006		

**6.6.2.3. Combinación 2c – 2e.**

En la Tabla 6.18 se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los métodos para la Combinación 2c – 2e.

Tabla 6.18. Comparación por métodos de  $t_c$  y  $t_f$  en la Combinación 2c – 2e.

Carril de Entrada	MV	MD	RL			RL Vc y C		
	$t_c$	$t_f$	$t_c$	$t_f$	$R^2$	$t_c$	$t_f$	$R^2$
Izquierdo	3,34	2,14	3,03	2,17	0,970	3,61	2,19	0,733
Coeficiente A	1681		1662			1646		
Coeficiente B	0,0006		0,0005			0,0007		
Derecho	3,34	2,06	2,97	2,06	0,972	3,51	1,99	0,903
Coeficiente A	1745		1750			1811		
Coeficiente B	0,0006		0,0005			0,0007		

**6.6.2.4. RLS 2c – 1e.**

En la Tabla 6.19 se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los métodos para la RLS 2c – 1e.

Tabla 6.19. Comparación por métodos de  $t_c$  y  $t_f$  en la RLS 2c – 1e.

Carril de Entrada	MV	MD	RL			RL Vc y C		
	$t_c$	$t_f$	$t_c$	$t_f$	$R^2$	$t_c$	$t_f$	$R^2$
Único	3,56	2,31	3,18	2,06	0,862	3,42	2,53	0,576
Coeficiente A	1556		1746			1425		
Coeficiente B	0,0007		0,0006			0,0006		

**6.6.2.5. RGB 1c – 1e.**

En la Tabla 6.20 se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los métodos para la RGB 1c – 1e.

Tabla 6.20. Comparación por métodos de  $t_c$  y  $t_f$  en la RGB 1c – 1e.

Carril de Entrada	MV	MD	RL			RL Vc y C		
	$t_c$	$t_f$	$t_c$	$t_f$	$R^2$	$t_c$	$t_f$	$R^2$
Único	3,60	2,34	3,03	2,36	0,914	3,52	2,71	0,578
Coeficiente A	1539		1522			1326		
Coeficiente B	0,0007		0,0005			0,0006		

**6.7. ANALISIS ESTADÍSTICOS E INTERVALOS DE CONFIANZA.**

Como se especificó en el apartado 1.2, el objetivo del trabajo es ajustar la metodología para la determinación de capacidad en rotondas calibrando los parámetros relevantes para diferentes tipos de configuraciones geométricas (número de carriles internos y de entrada). Verificadas sus condiciones de operación, se seleccionaron aquellas que permitieron representar varias de las combinaciones posibles de números de carriles.

Se tienen dos rotondas multicarriles de configuración (2c – 2e), que además de analizarse separadamente, se analizaron de forma simultánea. A pesar de que ambas rotondas tienen igual configuración, los estudios arrojaron  $t_c$  y  $t_f$  diferentes. Por otro lado, se tienen dos rotondas que tienen un carril de entrada, diferenciándose sólo por la cantidad de carriles internos de circulación. Los resultados del relevamiento de estas rotondas arrojaron resultados muy similares a pesar de sus diferencias geométricas.

Partiendo de los datos y gráficos obtenidos, no se podría afirmar directamente, que los valores de los resultados son diferentes, por lo que se procedió a comprobar mediante un test de hipótesis sobre las varianzas y las medias. Se debe recordar que estos procedimientos estadísticos proporcionan un camino objetivo y veraz para formular inferencias con respecto a las características de la población con base en muestras aleatorias.

Se procedió aplicar inicialmente las pruebas de hipótesis sobre las varianzas y posteriormente se hicieron las respectivas pruebas de las medias, tanto para las muestras de varianzas iguales (t de student), como para las muestras de varianzas distintas (t de Welch). Los procedimientos, criterios de rechazos, estadísticos y resultados de las pruebas de hipótesis sobre las varianzas y sobre las medias, se detallan en el ANEXO “G”.

El análisis se hizo comparando las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e” entre sí, así como también cada una de ella con la “Combinación 2c – 2e”. Los resultados de las pruebas de hipótesis aplicadas a estas muestras, se presentan en la Tabla 6.21.

Tabla 6.21. Resultados de las pruebas de hipótesis sobre las varianzas y las medias entre las rotondas “RNM 2c – 2e”, “RRB 2c – 2e” y “Comb. 2c – 2e”.

TEST		"RNM 2c - 2e"	"RNM 2c - 2e"	"RRB 2c - 2e"	"RRB 2c - 2e"
		"RRB 2c - 2e"	"Comb. 2c - 2e"	"Comb. 2c - 2e"	"Comb. 2c - 2e"
VARIANZAS	$t_c$	Izquierda	desiguales	iguales	Desiguales
		Derecha	desiguales	iguales	Desiguales
	$t_f$	Izquierda	desiguales	iguales	Iguales
		Derecha	iguales	iguales	Iguales
MEDIAS	$t_c$	Izquierda	desiguales	iguales	Desiguales
		Derecha	desiguales	iguales	Desiguales
	$t_f$	Izquierda	desiguales	iguales	Desiguales
		Derecha	desiguales	iguales	Desiguales



Con base en estos resultados, inicialmente se puede concluir que las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e” no son iguales a pesar de tener la misma configuración geométrica, razón por la cual es incorrecto estimar sus  $t_c$  y  $t_f$  a partir de una combinación de datos.

De igual manera, se observa que cuando se comparan los resultados de cada una de esta con los resultados obtenidos a partir de la combinación, se observa que esta última (Comb. 2c -2e) tiene el mismo comportamiento de la “RNM 2c – 2e”, representando prácticamente los mismos valores. Esto puede deberse a que en la “RNM 2c – 2e” se registró un número muy elevado de casos en comparación con la “RRB 2c – 2e”. Por el contrario, al compararse la “RRB 2c – 2e” con la “Combinación 2c – 2e”, se observa la desigualdad entre ellas, ratificándose la desigualdad con la “RNM 2c – 2e”

Por otro lado, se compararon las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c -1e”, ya que ambas presentan un carril de entrada y anchos de carriles de circulación muy aproximados. Los resultados de las pruebas de hipótesis aplicadas a estas muestras, se presentan en la Tabla 6.22.

Tabla 6.22. Resultados de las pruebas de hipótesis sobre las varianzas y las medias entre las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e”.

TEST		"RLS 2c - 1e" "RGB 1c - 1e"
VARIANZAS	$t_c$	desiguales
	$t_f$	iguales
MEDIAS	$t_c$	iguales
	$t_f$	iguales

Vistos estos resultados, se infiere que las “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e” poseen características y comportamientos muy similares, por lo que los valores de  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos, además de estar muy próximos, podrían ser representativos para ambas (rotondas de una entrada) y emplearse para estimar el modelo de capacidad respectivo.

**6.8. COMPARACIÓN DE LOS INTERVALOS LOCALES, HCM2010 Y OTROS PAISES.**

Como antecedente de esta investigación, se revisó un trabajo desarrollado en la ciudad de Montevideo, Uruguay (Caimi, 2008), donde se estimaron los valores de  $t_c$  y  $t_f$  en cuatro rotondas. Debe señalarse que las rotondas analizadas en Montevideo, son todas de configuración 2c – 2e, y se estimó el  $t_c$  y  $t_f$  sin discriminar los carriles de entrada.

De igual manera, según estudios de Xu y Tian en California (2007), se realizaron comparaciones entre los resultados de ese Estado (datos de California) y los datos de otras fuentes, incluyendo el reporte NCHRP 572, con información de seis estados de los EE.UU. (Washington, Maryland, Maine, Michigan, Oregón y Vermont), de Alemania y de Francia. La Tabla 6.23 resume los intervalos crítico y de seguimiento de acuerdo a estas fuentes.

Tabla 6.23. Intervalos críticos y de seguimiento de otros países.

Modelo		$t_c$		$t_f$		
		Un carril	Dos carriles	Un carril	Dos carriles	
Alemania		4,4	4,4	3,2	3,2	
Francia		--	--	2,1	2,1	
NCHRP572	Izquierdo	5,1	4,5	3,2	3,4	
	Derecho		4,2		3,1	
California	Izquierdo	4,8	4,7	2,5	2,2	
	Derecho		4,4		2,2	
HCM2010	Izquierdo	5,19	4,29	3,19	3,19	
	Derecho		4,11		3,19	
Uruguay		Izq. / Der.	--	3,40	--	2,20

Debido a que los valores norteamericanos y uruguayos fueron estimados para el caso del  $t_c$  por el método de Máxima Verosimilitud, se hace la comparación con los valores obtenidos en la Provincia de Córdoba por el mismo método. En el punto 6.8.1 se muestran los resultados de las comparaciones de los intervalos obtenidos por Máxima Verosimilitud ( $t_c$ ) y promedio de Medición Directa ( $t_f$ ).

Asimismo, en el "ANEXO H" se presentan las comparaciones de los intervalos obtenidos tanto por regresión lineal de "t" y "n", así como por regresión de " $V_C$ " y "C" en las rotondas de Córdoba, con valores de referencia de otros países mostrados en la Tabla 6.23.

**6.8.1. Comparación de intervalos obtenidos por el método de Máxima Verosimilitud y Medición Directa.**

**6.8.1.1. Rotondas 2c – 2e.**

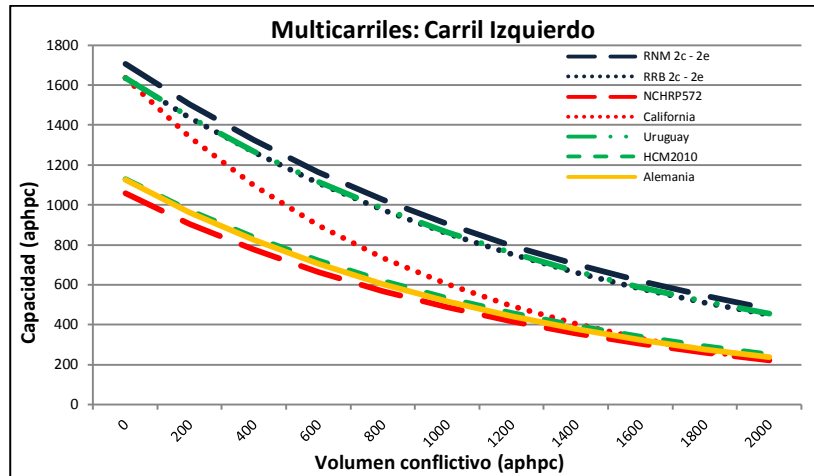
A partir de los valores de  $t_c$  y  $t_f$  indicados en la Tabla 6.23, para el carril izquierdo se presentan los valores de "A" y "B" en la Tabla 6.24:

Tabla 6.24. Comparación de los valores de "A" y "B" del carril izquierdo en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.

Rotondas Multicarriles	$t_c$	$t_f$	A	B
RNM 2c - 2e	3,34	2,11	1706	0,0006
RRB 2c - 2e	3,43	2,20	1636	0,0006
NCHRP 572	4,50	3,40	1059	0,0008
California	4,70	2,20	1636	0,0010
Uruguay	3,40	2,20	1636	0,0006
HCM2010	4,29	3,19	1130	0,00075
Alemania	4,40	3,20	1125	0,00078

En la Figura 6.16 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y otros países para el carril izquierdo en rotondas 2c – 2e.

Figura 6.16. Curvas de Capacidad del carril izquierdo (2c – 2e) por M.V. y M.D. en Córdoba y otros países.



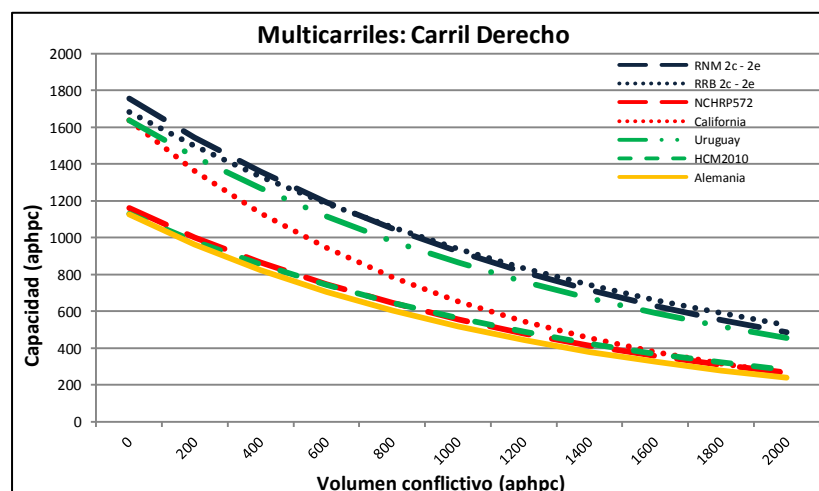
De la misma manera, en la Tabla 6.25 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril derecho:

Tabla 6.25. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril derecho en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.

Rotondas Multicarriles	$t_c$	$t_f$	A	B
RNM 2c - 2e	3,34	2,05	1756	0,0006
RRB 2c - 2e	3,17	2,14	1682	0,0006
NCHRP 572	4,20	3,10	1161	0,0007
California	4,40	2,20	1636	0,0009
Uruguay	3,40	2,20	1636	0,0006
HCM2010	4,11	3,19	1129	0,00070
Alemania	4,40	3,20	1125	0,00078

En la Figura 6.17 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y otros países para el carril derecho en rotondas 2c – 2e.

Figura 6.17. Curvas de Capacidad del carril derecho (2c – 2e) por M.V. y M.D. en Córdoba y otros países.



**6.8.1.2. Rotondas 2c – 1e.**

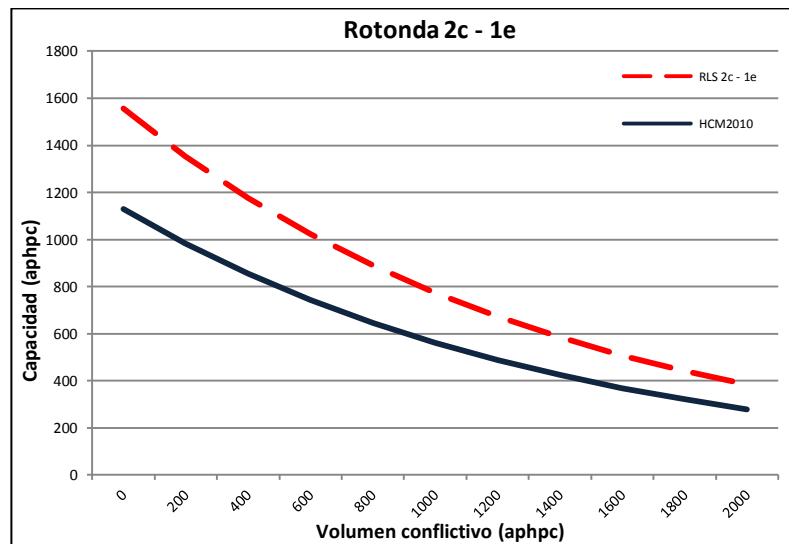
En la Tabla 6.26 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril de entrada de una rotonda 2c – 1e:

Tabla 6.26. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (2c – 1e) de Córdoba y del HCM2010.

Rotondas	$t_c$	$t_f$	A	B
RLS 2c - 1e	3,56	2,31	1556	0,0007
HCM2010	4,11	3,19	1130	0,0007

En la Figura 6.18 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y del HCM2010 para rotondas 2c – 1e.

Figura 6.18. Curvas de Capacidad del carril de entrada (2c – 1e) por M.V. y M.D. en Córdoba y del HCM2010.



**6.8.1.3. Rotondas 1c – 1e.**

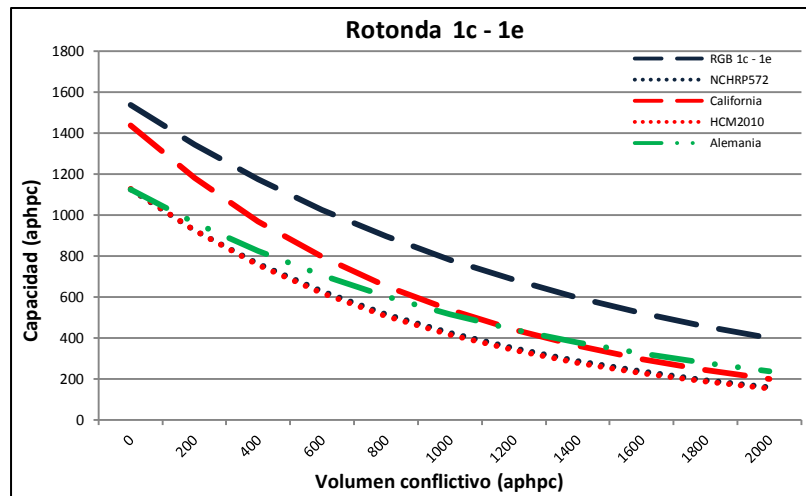
En la Tabla 6.27 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril de entrada de una rotonda 1c – 1e:

Tabla 6.27. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (1c – 1e) de Córdoba y otros países.

Rotondas	$t_c$	$t_f$	A	B
RGB 1c - 1e	3,60	2,34	1538	0,0007
NCHRP 572	5,10	3,20	1125	0,0010
California	4,80	2,50	1440	0,0010
HCM2010	5,19	3,19	1130	0,0010
Alemania	4,40	3,20	1125	0,00078

En la Figura 6.19 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y otros países para rotondas 1c – 1e.

Figura 6.19. Curvas de Capacidad del carril de entrada (1c – 1e) por M.V. y M.D. en Córdoba y otros países.



**6.8.2. Análisis de las comparaciones.**

Revisados todos los casos, se observa que los valores de  $t_c$  y  $t_f$  locales son menores que los valores referenciales de otros países y así como del HCM2010, lo que significa un mayor valor estimado para la capacidad de la entrada.

En cuanto a los valores obtenidos por “máxima verosimilitud” para el  $t_c$  y el “promedio de las mediciones directas” para el  $t_f$ , se observa que para las rotondas 2c – 2e, en el carril izquierdo, los valores y las curvas de capacidad son similares a las rotondas de Uruguay. De la misma manera, la curva de las rotondas en California comienza muy aproximada a las anteriores, por tener  $t_f$  muy parecidos, sin embargo, la capacidad decrece más rápido con el aumento del volumen conflictivo por tener un  $t_c$  mayor. En comparación con los valores aportados por el NCHRP572, los de Alemania y del HCM2010, siempre las rotondas en Córdoba y Uruguay mantienen valores de capacidad muy por encima de estas. Similarmente, para el carril de la derecha se mantiene el mismo comportamiento.

En el caso de las rotondas 2c – 1e, el  $t_c$  y el  $t_f$  es significativamente más bajo que el referido por el HCM2010, apreciándose una mayor y considerable diferencia en la capacidad, como se puede observar en la Figura 6.18. Para las rotondas 1c – 1e, las curvas de capacidad de Córdoba muestran valores mayores que el resto, advirtiéndose que la curva de California posee una capacidad similar para valores de  $V_c$  bajos. Esto se debe a que en California los  $t_f$  medidos son muy similares a los locales, sin embargo por tener un  $t_c$  mayor, la curva de capacidad cae abruptamente con los  $V_c$  en comparación con Córdoba. Para el resto de las rotondas 1c – 1e, el valor de capacidad local está muy por encima.

Cuando se comparan los resultados locales obtenidos por regresión lineal de “t” y “n” con los otros países, las rotondas 2c – 2e de Córdoba muestran un comportamiento similar a los resultados con el método de M.V. y M.D., sin embargo las caídas de las curvas de capacidad son más suaves, ya que se obtuvieron  $t_c$  más pequeños. Del mismo modo, las rotondas de California

comienzan con altos valores de capacidad ( $t_f$  parecidos), pero la caída de la curva con el  $V_C$ , es rápido y abrupto. En el carril de la derecha, los valores de  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos para las rotondas locales son muy bajos, representando una capacidad aún mayor.

Las rotondas 2c – 1e y 1c – 1e, presentan comportamientos similares a los resultados obtenidos por M.V. y M.D., no obstante los resultados de la regresión siempre presenta valores más bajos que por el método anterior.

Cuando se comparan los resultados locales obtenidos por regresión lineal de “ $V_C$ ” y “C” con los otros países, las rotondas 2c – 2e de Córdoba el carril izquierdo muestra inicialmente (con  $V_C$  bajos) capacidades menores que Uruguay, sin embargo por tener un  $t_c$  menor, la curva cae más suavemente asemejándose las capacidades de las rotondas de Córdoba con las de Uruguay con el aumento del  $V_C$ . Las rotondas de California comienzan con valores de capacidad parecidos a las rotondas de Uruguay (mayor a las locales), pero la caída de la curva con el  $V_C$  es rápida y abrupta, bajando su capacidad por debajo de los valores locales para volúmenes conflictivos mayores de 300 vph.

En el carril de la derecha, la RNM 2c – 2e y las uruguayas son similares. La RRB 2c – 2e, para  $V_C$  bajos comienza con valores de capacidad menores que las rotondas de California, sin embargo por tener un  $t_c$  menor, mantiene mayor capacidad para  $V_C$  altos, llegándose a igualar con la RNM 2c – 2e y las rotondas de Uruguay. En todos los casos, las capacidades locales están muy por encima de las rotondas de Alemania, de los estados estudiados en el NCHRP572 y del HCM2010.

Para las rotondas 2c – 1e, se presentan comportamientos similares a los resultados obtenidos por M.V. y M.D. En el caso de las rotondas 1c – 1e, las rotondas locales comienzan con capacidades más bajas que las de California, pero mantienen una caída más lenta ( $t_c$  más pequeño), superando la capacidad de California para volúmenes conflictivos mayores a 400 vph.

## 6.9. CONSIDERACIONES FINALES.

Las pruebas de hipótesis tienen una fuerte relación con el concepto de estimación, lo que significa una afirmación con respecto a las características desconocidas de las poblaciones estudiadas; es decir, con las pruebas pueden hacerse inferencias que permitan decidir apoyándose en las evidencias experimentales obtenidas a través de las muestras.

En tal sentido, al hacerse inicialmente las pruebas de hipótesis, por un lado, a las rotondas RNM 2c – 2e y RRB 2c – 2e, se observó que sus  $t_c$  (ambos carriles) y sus  $t_f$  en el carril izquierdo presentaron varianzas significativamente desiguales y al verificar sus medias, del mismo modo, resultaban diferentes. Los  $t_f$  del carril derecho presentaron varianzas iguales, pero al aplicarse el test con respecto a la medias, arrojó como resultado que son desiguales. De aquí, se puede concluir que ambas rotondas, a pesar de que tienen la misma configuración física, sus muestras extraídas pueden pertenecer a poblaciones diferentes, ya que sus conductores presentan comportamientos distintos. De tal forma, no sería correcto efectuar una calibración combinada que represente esta configuración (2c – 2e), siendo lo más adecuado hacerla de forma separada para aplicarse en cada caso.

Por otro lado, para el caso de las rotondas RLS 2c – 1e y RGB 1c -1e se observó que las varianzas de sus  $t_c$  son desiguales y las de sus  $t_f$  son iguales. Al verificarse las medias para ambos parámetros, se comprobó que los  $t_c$  y los  $t_f$  son significativamente iguales, pudiendo asumirse que a pesar de que sus configuraciones físicas son diferentes, hay cierta coincidencia en su operación por lo que las muestras extraídas podrían pertenecer a la misma población. Asimismo, al revisarse los resultados de los puntos 6.1. y 6.2., se comprueba que con un intervalo de confianza del 95%, comparando los  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos en cada rotonda, estos se encuentran dentro de los límites superiores e inferiores de la otra. De tal manera, que un proceso de calibración para una de ellas puede representar una significativa aproximación aplicable a la otra.

En referencia a la comparación con los resultados obtenidos de  $t_c$  y  $t_f$  con los de otros países, los valores locales son menores que los otros valores referenciales, lo que significa un mayor valor estimado para la capacidad de las entradas. Se observó que las rotondas uruguayas presentan valores muy parecidos a los locales, inclusive las de California para volúmenes conflictivos bajos. En todos los casos las rotondas locales presentan  $t_c$  y  $t_f$  más pequeños con la consecuencia del aumento de sus capacidades en relación a las demás.

De igual modo, se observa que los valores obtenidos por el Método de Máxima Verosimilitud y por promedio de Medición Directa, aportan resultados más conservadores en comparación a los otros métodos; ya que mediante la regresión lineal de “t” y “n” se obtuvieron valores más bajos que generan mayores capacidades, mientras que los valores de  $t_c$  y  $t_f$  por la regresión de “ $V_C$ ” y “C”, a pesar de ser muy parecidos a los obtenidos de forma independientes, se asume que pudiesen existir distorsiones debido a los procedimientos de cálculo cuando no hubo la cola continua.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 7.1. CONCLUSIONES.

#### 7.1.1. Conclusiones de la Calibración del modelo de capacidad del HCM2010.

Como se ha descrito a lo largo del trabajo de investigación, la calibración del modelo de capacidad del HCM2010 depende de la determinación de los  $t_c$  y los  $t_f$  para cada una de las rotondas. Para esto se ha recurrido a varios métodos de estimación, los cuales fueron explicados y sus resultados mostrados en los apartados anteriores.

Vistos los valores de  $t_c$  y  $t_f$  locales que al ser comparados con los de otros países, inclusive con los propuestos por el HCM2010, se confirma la presencia de intervalos menores que indican un comportamiento más agresivo del conductor y la estimación de capacidades más elevadas en las rotondas locales.

Revisando los métodos aplicados para determinar los valores de estos parámetros, se considera que en la aplicación de la regresión de los  $V_C$  y  $C$ , específicamente cuando se hace las conversiones de volúmenes/minuto a volúmenes/hora, es probable que existan distorsiones entre la realidad de medir volúmenes en un minuto y en una hora. En este procedimiento, se observó que los resultados fueron muy aproximados a los obtenidos por los métodos de cálculos independientes (Máxima Verosimilitud y Medición Directa), siendo estos últimos considerados los más adecuados y recomendados por muchos expertos. Sin embargo, en la comparación se verificó que los  $t_c$  resultaron muy similares y los  $t_f$  tendieron a aumentar, cuando se les calculó por la regresión de  $V_C$  y  $C$ , lo que genera una disminución de la capacidad.

Por otra parte, los resultados arrojados por el método de regresión lineal de "t" y "n", si bien la regresión tiene sus signos correctos, los valores del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que explican muy bien el grado de asociación lineal y los estadígrafos "t" indican que los coeficientes son significativamente distintos de cero; se obtienen valores menores de  $t_c$  y  $t_f$ , lo que aumenta significativamente la capacidad en relación a los otros métodos.

En vista de la comparación de todos los métodos, con resultados más conservadores, se procede a la calibración del modelo de capacidad del HCM2010 con los parámetros de  $t_c$  y  $t_f$  estimados de forma independientes (máxima verosimilitud y promedios de la medición directa), que de alguna forma con un nivel de significancia del 95% de confiabilidad, tomaría en gran parte los valores obtenidos en los otros procedimientos.

##### 7.1.1.1. Capacidad Estimada

Para la estimación de la capacidad, los parámetros ajustados a las condiciones locales que pudiesen representar de mejor manera las condiciones de las rotondas y el comportamiento de los conductores, están dados los valores que se muestran en la Tabla 7.1:



Tabla 7.1. Valores de  $t_c$  y  $t_f$  locales para la calibración del Modelo del HCM2010.

Rotonda	Carril	$t_c$	$t_f$
RNM 2c - 2e	Izquierdo	3,34	2,11
	Derecho	3,34	2,05
RRB 2c - 2e	Izquierdo	3,43	2,20
	Derecho	3,17	2,14
RLS 2c - 1e	Único	3,56	2,31
RGB 1c - 1e	Único	3,60	2,34

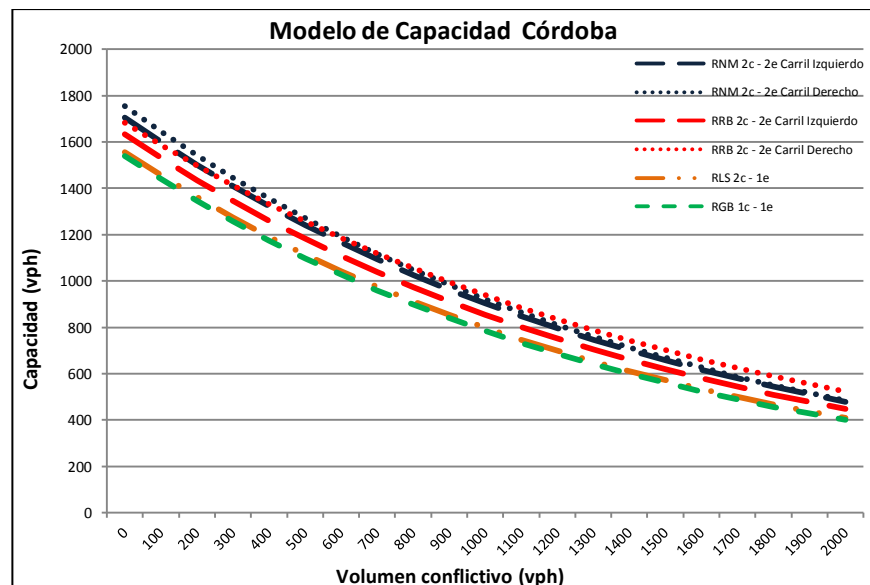
De esta manera, a partir del  $t_c$  y del  $t_f$  mostrados anteriormente, se obtienen los valores de los coeficientes "A" y "B" de los modelos de capacidad, los cuales se muestran en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Valores de los coeficientes A y B locales para la calibración del Modelo del HCM2010.

Rotonda	Carril	A	B
RNM 2c - 2e	Izquierdo	1706	0,0006
	Derecho	1754	0,0006
RRB 2c - 2e	Izquierdo	1633	0,0006
	Derecho	1682	0,0006
RLS 2c - 1e	Único	1556	0,0007
RGB 1c - 1e	Único	1539	0,0007

En la Figura 7.1 se muestran las curvas de capacidad obtenidas a partir de las ecuaciones 7.1 a 7.6, propuestas como representativas de las condiciones locales.

Figura 7.1. Calibración del Modelo del HCM2010 a condiciones locales.



El modelo de capacidad es:

Para la rotonda RNM 2c – 2e:

$$c_{e,R} = 1.754 \times e^{(-0,0006 \cdot v_c)} \quad (7.1)$$

$$c_{e,L} = 1.706 \times e^{(-0,0006 \cdot v_c)} \quad (7.2)$$

Para la rotonda RRB 2c – 2e:

$$c_{e,R} = 1.682 \times e^{(-0,0006 \cdot v_c)} \quad (7.3)$$

$$c_{e,L} = 1.633 \times e^{(-0,0006 \cdot v_c)} \quad (7.4)$$

Para la rotonda RLS 2c – 1e:

$$c = 1.556 \times e^{(-0,0007 \cdot v_c)} \quad (7.5)$$

Para la rotonda RGB 1c – 1e:

$$c = 1.539 \times e^{(-0,0007 \cdot v_c)} \quad (7.6)$$

### **7.1.1.2. Consideraciones finales.**

El método adoptado para la estimación del intervalo crítico ( $t_c$ ) es el de Máxima Verosimilitud y para el intervalo de seguimiento ( $t_f$ ) es el de las medias de la Medición Directa. Todos los resultados obtenidos son significativamente diferentes y menores a los valores recomendados por el HCM2010, los cuales representan las condiciones y comportamientos de los conductores norteamericanos.

Del mismo modo, al compararse con los valores calculados en otros países, si bien se obtienen resultados similares a los de la República Oriental de Uruguay, todavía el conductor argentino, específicamente en la Provincia de Córdoba, pareciera tener un comportamiento más agresivo para ingresar en las rotondas. En este sentido, es posible predecir mayores valores para la capacidad en las entradas de las mismas.

## **7.1.2. Conclusiones Generales.**

### **7.1.2.1. Respecto a los métodos de determinación del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ).**

La metodología de Máxima Verosimilitud para determinar el  $t_c$  es compleja pero arroja resultados muy aceptables. Este método requiere mucha información, como la determinación de los intervalos rechazados. Es importante señalar que, si se registran conductores que no rechazan ningún intervalo, es decir, aceptan el primero que se les presente, estos registros deben ser omitidos.

La estimación del tiempo de seguimiento hecha por las medias de la Medición Directa del tiempo entre vehículos que ingresan en un mismo intervalo, aporta unos resultados muy precisos y aceptables, ya que se cuenta con una gran cantidad de datos.

La estimación de los parámetros de  $t_c$  y  $t_f$  mediante el método de Regresión Lineal requiere que exista cola o por lo menos un vehículo en el periodo de observación. De la misma manera, se requiere que exista una cantidad de casos suficientes para que la regresión sea confiable, ya que para mayores valores de "n" (vehículos que ingresan), normalmente se cuenta con pocos registros de "t". Los valores de  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos por este método fueron muy bajos, representando capacidades elevadas.

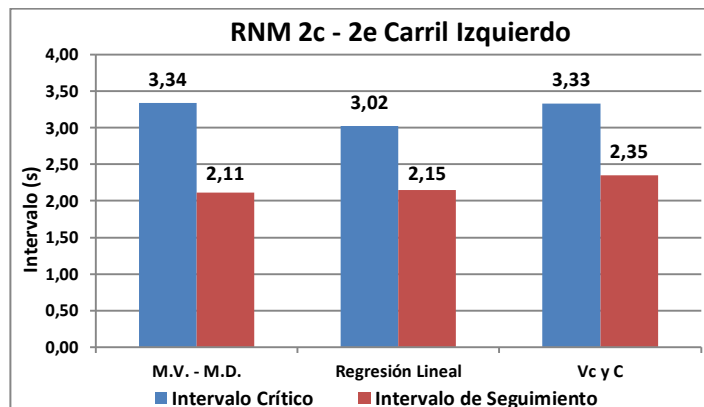
La estimación de los parámetros a través de la regresión lineal de  $V_C$  y  $C$ , arroja resultados adecuados de  $t_c$  y  $t_f$ , si se dispone de condiciones de cola continua en las entradas de las rotondas, permitiendo registrar datos durante un tiempo considerable para obtener los volúmenes horarios.

Normalmente, es poco frecuente conseguir estas condiciones, por lo que se deberá tomar períodos de tiempos pequeños, para luego extrapolarlos a volúmenes por hora. En la aplicación de este procedimiento, debe tenerse mucho cuidado ya que podrían generarse distorsiones si se registran volúmenes aún con pequeños errores. Asimismo, si no existe cola continua se puede aplicar el método indicado en el punto 2.7.2.2, que arroja resultados muy similares al caso cuando sí existe la cola.

Otro problema que presenta el método sin cola continua, es que en algunos casos, el instante exacto del comienzo y el final del tiempo de servicio ( $t_s$ ) del primer vehículo en la cola no es fácil de detectar.

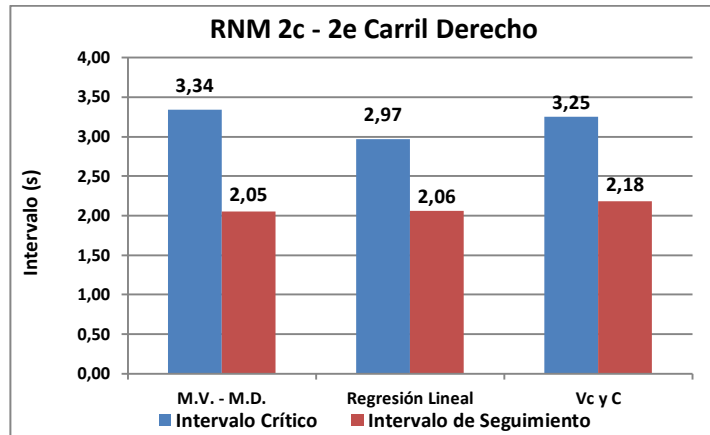
En las Figuras 7.2 a 7.7 se muestran las comparaciones entre los  $t_c$  y  $t_f$  para cada una de las rotondas, obtenidos por los diferentes métodos. En la Figura 7.2 se muestran los  $t_c$  y  $t_f$  estimados para el carril izquierdo de la RNM 2c – 2e.

Figura 7.2. Comparación de  $t_c$  y  $t_f$  por métodos en el carril izquierdo de la RNM 2c – 2e.



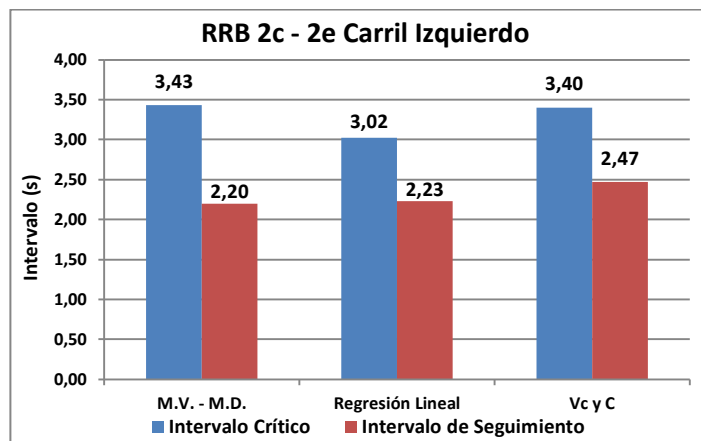
En la Figura 7.3 se muestran los  $t_c$  y  $t_f$  estimados para el carril derecho de la RNM 2c – 2e.

Figura 7.3. Comparación de  $t_c$  y  $t_f$  por métodos en el carril derecho de la RNM 2c – 2e.



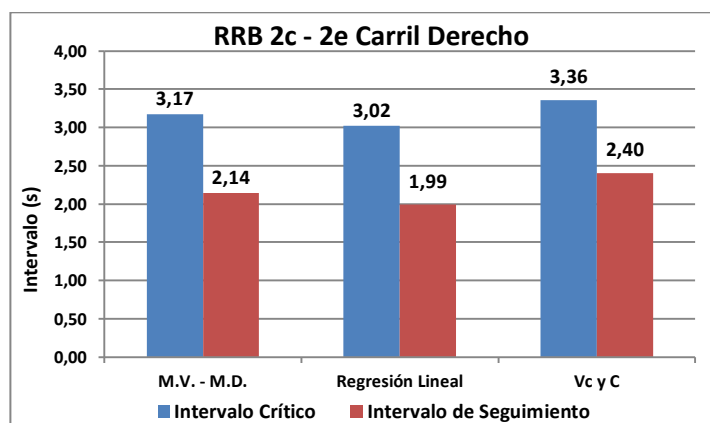
En la Figura 7.4 se muestran los  $t_c$  y  $t_f$  estimados para el carril izquierdo de la RRB 2c – 2e.

Figura 7.4. Comparación de  $t_c$  y  $t_f$  por métodos en el carril izquierdo de la RRB 2c – 2e.



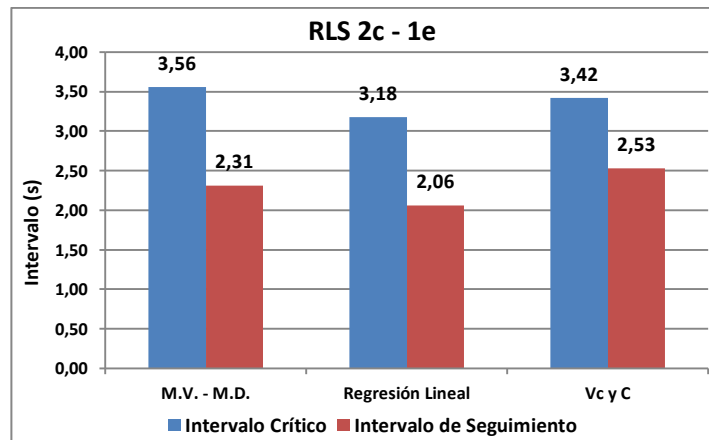
En la Figura 7.5 se muestran los  $t_c$  y  $t_f$  estimados para el carril derecho de la RRB 2c – 2e.

Figura 7.5. Comparación de  $t_c$  y  $t_f$  por métodos en el carril derecho de la RRB 2c – 2e.



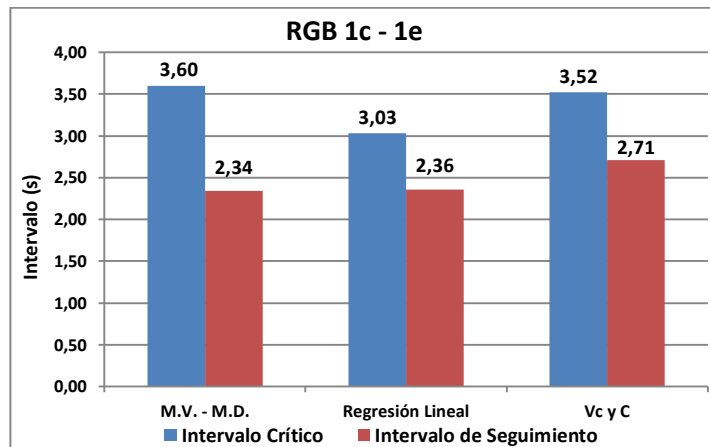
En la Figura 7.6 se muestran los  $t_c$  y  $t_f$  estimados para la RLS 2c – 1e.

Figura 7.6. Comparación de  $t_c$  y  $t_f$  por métodos en la RLS 2c – 1e.



En la Figura 7.7 se muestran los  $t_c$  y  $t_f$  estimados para la RGB 1c – 1e.

Figura 7.7. Comparación de  $t_c$  y  $t_f$  por métodos en la RGB 1c – 1e.



En resumen, se puede apreciar que los intervalos críticos estimados a través del método de Máxima Verosimilitud y por el método de regresión lineal de los valores de  $V_c$  y  $C$ , fueron muy similares, siendo estos últimos, en la mayoría de los casos, levemente menores con respecto a los calculados por Máxima Verosimilitud. En cuanto a los  $t_c$  calculados a partir de la regresión lineal de “n” y “t”, se observa que siempre son menores a los obtenidos en los dos métodos anteriores.

Por otro lado, para la estimación del intervalo de seguimiento se verifica que mediante el método del promedio de la Medición Directa y de la regresión lineal de “n” y “t”, se obtuvieron valores semejantes, siendo en la mayoría de los casos, los calculados por regresión lineal levemente mayores. El  $t_f$  estimado a partir de la regresión de los valores de  $V_c$  y  $C$ , siempre fue mayor al calculado por los otros métodos.

Se ha considerado que, los intervalos críticos y de seguimiento calculados a partir del método de M.V. y M.D. respectivamente, presentan valores intermedios con respecto a los otros métodos;

además de contarse con estudios que recomiendan su aplicación debido a sus resultados más adecuados.

Finalmente, después de aplicar todos los métodos, se observa que el método de Máxima Verosimilitud implica un trabajo de cierta complejidad, el método de promedio de Medición Directa requiere de un tamaño de la muestra considerablemente alto para lograr su precisión, el método de regresión lineal de "n" y "t" requiere, además de una gran cantidad de casos, que exista la condición de cola para poder aplicarse.

Se advierte que el método de regresión de los valores de  $V_C$  y  $C$ , es el de más fácil aplicación, ya que sólo requiere contar los volúmenes. Cuando se compararon los procesamientos entre los datos de un período de tiempo corto y de uno largo, los resultados no variaron significativamente, lo que implica un ahorro de tiempo a la hora de hacer el estudio. Del mismo modo, los resultados obtenidos de los métodos con cola y sin cola continua fueron similares, por lo que puede aplicarse indiferentemente si la cola existe o no. Por todo esto, se puede concluir que el método de regresión de los valores de  $V_C$  y  $C$ , es muy sencillo, práctico y arroja resultados aproximados a los obtenidos por los otros métodos.

#### **7.1.2.2. Respecto a los resultados del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ) en las rotondas de Córdoba y su comparación con otros países.**

Después de aplicarse los diferentes métodos de determinación del  $t_c$  y del  $t_f$ , se observan resultados aceptables y algunos similares entre sí. A través de una estimación estadística de los intervalos de confianza sobre las medias, se pudo afirmar que los valores de intervalo crítico y tiempo de seguimiento en Córdoba, son menores de los sugeridos por el HCM2010 y a los calculados en los países mencionados.

En cuanto a las estimaciones realizadas en Uruguay, representan una referencia de un país con conductores que tienen un comportamiento muy parecido al observado en la provincia de Córdoba - Argentina. El intervalo crítico en Uruguay es muy similar al que se determinó localmente por Máxima Verosimilitud y el tiempo de seguimiento en Córdoba, resultó levemente menor por medición directa.

Por otro lado, entre el resto de los países estudiados, el tiempo de seguimiento calculado en las rotondas de California presenta valores aproximados a las rotondas de Córdoba y Uruguay, proveyendo valores de capacidad similares en condiciones de volúmenes conflictivos bajos, sin embargo por tener intervalos críticos mayores, la capacidad de los accesos se reduce significativamente con el aumento del  $V_C$ , en relación con las rotondas sudamericanas.

#### **7.1.2.3. Respecto a los valores del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ) estimados a partir de mediciones con el TDC Ultra.**

El aparato TDC Ultra posee diez tipos de estudios diferentes, entre ellos y a los efectos de este trabajo, sólo dos de ellos permiten efectuar registros que pueden servir para calcular el  $t_c$  y el  $t_f$ . El primero de ellos, el "Estudio de movimientos en Rotondas" (RA), para lo cual deberán registrarse los volúmenes por carriles en cada una de las entradas (C),

así como también, los volúmenes en los carriles conflictivos ( $V_c$ ). Con estos registros y en función de los intervalos o periodos de tiempo de observación, puede mediante una regresión de estos valores, efectuar el cálculo del  $t_c$  y del  $t_f$  para dicha rotonda.

La otra función del equipo que puede ayudar a determinar uno de los parámetros a través del promedio de la medición directa, el intervalo de seguimiento, es el "Estudio de marca de tiempo" (TS). Éste permite registrar los tiempos en que se pulsan las teclas, en este caso, los autos que ingresan a la corriente de circulación en un mismo intervalo. El registro de estos datos se descarga para obtener los tiempos (hora, minutos y segundos) en que el auto pasó.

Como este estudio no genera ningún reporte, a través de un software adecuado, comúnmente una hoja de cálculo Excel, se tratan los tiempos, calculándose la diferencia entre ellos y consiguiéndose los tiempos de seguimiento. A partir de estos, entonces se estimaría el promedio. Este estudio no pudo ser aplicado a los efectos de este trabajo, debido a inconvenientes técnicos con el software que no registra décimas de segundo.

#### **7.1.2.4. Respecto a los efectos de la geometría en la estimación del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ).**

Cuando se observaron geométricamente cada una de las rotondas, se percibió que fueron diseñadas con una especie de banquina en los carriles de circulación internos, además de poseer algunas de ellas, pronunciados badenes. Esto hace que los autos que intentan ingresar, pasen de la línea de parada, se vayan acercando e invadan los badenes y hasta la banquina. Este fenómeno causado por el comportamiento del conductor, genera que los intervalos críticos y de seguimientos tiendan a disminuir, considerando la ubicación de la línea de parada o "ceda el paso".

Por otra parte, en el análisis de las rotondas 2c – 2e, pueden verse resultados similares para los carriles de ingreso del lado izquierdo, pero existen diferencias para el carril de la derecha. Se observa que en el caso de la RRB 2c – 2e, el carril de la derecha puede estar sirviendo como una especie de "by-pass", ya que los vehículos que llegan a la línea de parada tienen la posibilidad de girar a la derecha sin necesidad de entrar al flujo conflictivo de la rotonda. Muchos de estos (que giran a la derecha) no tienen la necesidad de detenerse cuando el flujo conflictivo es bajo; bajo estas condiciones, sólo lo hacen aquellos que necesitan girar a la izquierda, seguir derecho o girar en U.

Al compararse la rotonda RLS 2c -1e con la RGB 1c -1e, se observa que los intervalos críticos fueron muy similares. Esto podría deberse a que, la geometría de esta última rotonda pudo haber sido diseñada para dos carriles de circulación. Sin embargo, dado a la falta de demarcación horizontal y a las malas condiciones del carril externo y los badenes, los autos circulan sólo por el carril interno, siendo muy esporádico que algún auto circule formando un segundo carril.

Asimismo, revisándose la Tabla 5.1 y los parámetros geométricos que influyen en la capacidad, los cuales fueron nombrados en el punto 2.5, se concluye para las:

#### Rotondas con dos carriles de entrada (2e)

- Carril izquierdo: la rotonda RNM 2c – 2e posee un diámetro de círculo inscrito mayor que la RRB 2c – 2e, lo que implicaría una mayor capacidad. A pesar de que la RNM 2c – 2e posee un ancho de entrada un más pequeño que la RRB 2c – 2e, sus volúmenes conflictivos son significativamente mayores, lo que supondría  $t_c$  más bajos. Sin embargo, ambos resultados son muy aproximados.
- Carril derecho: la RRB 2c – 2e posee un ancho de carril y abocinamiento mayor que la RNM 2c – 2e, lo que favorece el incremento de la capacidad. El eje del carril derecho de la RRB 2c – 2e no corta la circunferencia exterior de la isla central, haciendo que el cambio de trayectoria del conductor sea menor y por ende no favorezca la reducción de la velocidad.

#### Rotondas con un carril de entrada (1e)

- La RLS 2c – 1e posee un círculo inscrito y un radio de curva en la entrada mayores que la RGB 1c – 1e, lo que indicaría una mayor capacidad. Del mismo modo, su ángulo de entrada es menor, lo que dificulta la disminución de la velocidad con respecto a la otra. Sin embargo, el ancho de entrada de la RGB 1c – 1e es mayor, lo que incrementa su capacidad, además de presentar volúmenes conflictivos importantes, haciendo que el  $t_c$  y el  $t_f$  para ambas sean similares.

#### **7.1.2.5. Respecto a los efectos de los vehículos pesados en la estimación del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ).**

Los factores de ajuste de los parámetros  $t_c$  y  $t_f$  permiten considerar los efectos de los vehículos pesados. Se observó que los porcentajes de pesados fueron muy bajos. En tal sentido, por no tener suficientes observaciones, no se pudo estimar su impacto.

No obstante, con los pocos datos procesados se verificó que el  $t_f$  considerando un automóvil y un vehículo pesado se encuentra fuera de los límites del intervalo de confianza del  $t_f$  calculado para los livianos, por lo se estima que su efecto puede resultar importante a medida que aumente la participación de vehículos pesados.

#### **7.1.2.6. Respecto a los efectos de las motos en la estimación del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ).**

En el caso del intervalo crítico, a pesar de que la moto posee una dimensión menor a la de un auto, dentro del volumen conflictivo, al igual que los autos, representan un obstáculo que no permite la entrada de los vehículos que se aproximan.

Empleando el método de máxima verosimilitud se estimó el intervalo crítico considerando la inclusión de las motos en el flujo conflictivo y sin



ella (desechando intervalos aceptados y rechazados en los que participaba una moto en el flujo conflictivo) y los resultados obtenidos fueron iguales. Puede concluirse que la inclusión de motos en el flujo conflictivo no modifica la determinación del  $t_c$ .

Cuando las motos se encontraban esperando en el acceso de entrada a la rotonda, las mismas no fueron consideradas para la estimación del  $t_c$  ni del  $t_f$ . Esto debido a su manera de maniobrar, incorporándose al tránsito circulante muchas veces en carriles ocupados por automóviles (empleando una porción menor de ancho libre del carril).

#### **7.1.2.7. Respecto a los valores del intervalo crítico ( $t_c$ ) y de seguimiento ( $t_f$ ) obtenidos en condiciones de cola continua y sin cola.**

A partir de las observaciones en la RNM 2c – 2e donde hubo cola continua, en el aparte 6.4.4 se hizo una comparación de los resultados obtenidos de la cola continua y mediante el método de estimación sin cola continua. Se observa que la diferencia para de los  $t_c$  fue mínima (1,6% para el carril izquierdo y 1% para el carril derecho). En el caso de los  $t_f$  se encontraron mayores discrepancias llegándose al 4,3% para el caso del carril izquierdo y 2,8 para el carril derecho.

En todos los casos, el método aplicado “sin cola continua” arrojó valores de los intervalos mayores, lo que implica una disminución de la capacidad en comparación con los resultados en condiciones de cola continua. Se debe indicar que las condiciones de cola continua y saturación representan los valores reales de capacidad de la entrada.

## **7.2. RECOMENDACIONES.**

### **7.2.1.Recomendaciones a la Calibración del modelo de capacidad del HCM2010.**

Los resultados de este trabajo permitieron concluir que a partir de la calibración de la metodología del HCM2010, se obtiene un modelo de capacidad que representa de manera más ajustada las condiciones de operación en las rotondas de la provincia de Córdoba. Con base en esto, se recomienda el empleo de las Ecuaciones 7.7, 7.8 y 7.9 para utilizarse en rotondas de dos (2e) y un (1e) carril de entrada.

Para el caso de dos carriles de entrada, se recomiendan los valores estimados en la RNM 2c – 2e, ya que en ésta se registró una cantidad importante de datos, con cola continua y resultados robustos, que al combinarse y procesarse con los datos de la RRB 2c – 2e, se arrojaron resultados que reflejaron las mismas características de la primera.

En el caso de las rotondas de un carril de entrada, se recomiendan los valores estimados para la RGB 1c – 1e, que además de ser muy parecidos a los de la RLS 2c – 1e, son los más conservadores. En la Tabla 7.3 se presentan los  $t_c$  y  $t_f$  recomendados para la calibración del Modelo del HCM2010.

Tabla 7.3. Valores de  $t_c$  y  $t_f$  locales recomendados para la calibración del Modelo del HCM2010.

Rotonda	Carril	$t_c$	$t_f$
2 carriles de entradas	Izquierdo	3,34	2,11
	Derecho	3,34	2,05
1 carril de entrada	Único	3,60	2,34

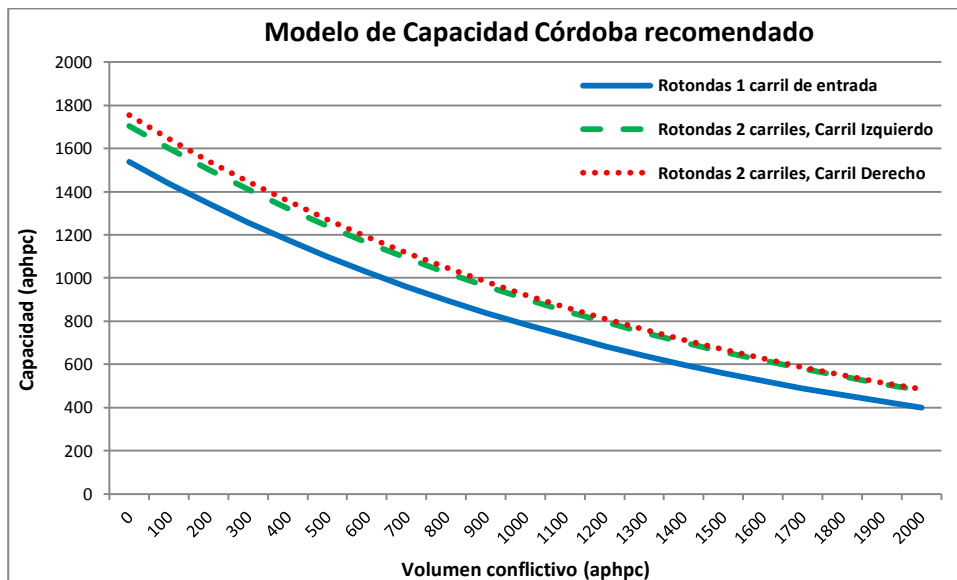
A partir del  $t_c$  y  $t_f$  señalados, se obtienen los valores de los coeficientes “A” y “B” del modelo de capacidad, los cuales se muestran en la Tabla 7.4.

Tabla 7.4. Valores de los coeficiente “A” y “B” locales recomendados para la calibración del Modelo del HCM2010.

Rotonda	Carril	A	B
2 carriles de entradas	Izquierdo	1706	0,0006
	Derecho	1754	0,0006
1 carril de entrada	Único	1539	0,0007

En la Figura 7.8 se muestran las curvas de capacidad que representan el modelo para las rotondas de Córdoba, con uno y dos carriles de entrada.

Figura 7.8. Calibración recomendada del Modelo del HCM2010 a condiciones locales.



El modelo recomendado es:

Para rotondas con dos carriles de entrada:

$$c_{e,R} = 1.754 \times e^{(-0,0006 \cdot v_c)} \tag{7.7}$$

$$c_{e,L} = 1.706 \times e^{(-0,0006 \cdot v_c)} \quad (7.8)$$

Para rotondas con un carril de entrada:

$$c = 1.539 \times e^{(-0,0007 \cdot v_c)} \quad (7.9)$$

### 7.2.2.Recomendaciones generales.

Se puede afirmar que los modelos de capacidad a utilizarse en una localidad deben ser ajustados a las condiciones particulares que reflejen el comportamiento del conductor. Para ello, se debe estimar el  $t_c$  y el  $t_f$  para calibrar el modelo, recomendándose en primera instancia y si las condiciones lo permiten hacerlo de forma independiente, a través del método de Máxima Verosimilitud y por el promedio de la Medición Directa.

Además, se deben efectuar, si corresponde, los ajustes por pesados y pendientes. Si por el contrario, si se requiere hacer un estudio más rápido y de menor complicación, se puede estimar de forma conjunta los  $t_c$  y los  $t_f$  a través de la regresión lineal de los valores de  $V_c$  y  $C$ , método que genera unos resultados muy aproximados a los anteriormente mencionados, con menor esfuerzo en el relevamiento de la información necesaria.

Se recomienda profundizar los estudios para comprender mejor el efecto de los diferentes elementos geométricos de las rotondas (además de la cantidad de carriles de entrada y de circulación) sobre el  $t_c$  y el  $t_f$ .

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AKÇELIK, R., CHUNG, E. y BESLEY, M. (1998). *Roundabouts: Capacity and Performance Analysis*. Research Report ARR No. 321. ARRB Transport Research Ltd, Vermont South. Australia.
- BRILON, W., KÖNIG, R. y TROUTBECK, R. (1997). *Useful Estimation Procedures for Critical Gaps*. Proceeding of Third Int. Symposium on Intersections without Traffic Signals, Portland, Oregon, U.S.A.
- BRUCE, R., LEE, R., WADE, S. y WAYNE, K. (2000). *Roundabouts: A informational guide*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Publication N° FHWA-RD-00-067, U.S.A.
- CAIMI, M. (2008). *Rotondas: Estimación del Intervalo Crítico y del Tiempo de seguimiento y su aplicación en las Medidas de Eficiencia*, Tesis de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mención en Transporte. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- CAL Y MAYOR, R. (2007). *Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones*, 8va. Edición, Alfaomega Grupo Editor, México, D.F.
- CRESPO, C. (2011). *Vías de Comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*, 4ta. Edición, Editorial Limusa S.A., México, D.F.
- CANAVOS, G. (1988). *Probabilidad y Estadística, aplicaciones y métodos*, Editorial McGraw Hill, México, DF.
- DARDER, V. (2005). *Funciones de las rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización*, Minor thesis, Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori, <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/3375>
- DEPIANTE, V. (2011). *Giros a la izquierda en intersecciones no semaforizadas*, Tesis de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mención en Transporte. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- DEPIANTE, V. y GALARRAGA, J. (2013). *Minor Street Gaps and Capacity at Unsignalized Intersections in Argentina*. WCRT, Rio de Janeiro, Brasil.
- DIRECCIÓN DE VIALIDAD NACIONAL (2010). *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*, Capítulo 5 Intersecciones, 5.7 Rotondas Modernas. Buenos Aires, Argentina.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2000). *Roundabouts: At informational guide*, U.S. Department of Transportation, Publication N° FHWA-RD-00-067, Oregon, U.S.A.
- FLORIDA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (1996). *Florida Roundabouts guide*, University of Florida Transportation Research Center.
- GALARRAGA, J. y DEPIANTE, V. (2012). *Recomendaciones para la aplicación de la metodología del HCM para intersecciones no semaforizadas en Argentina*. XVI Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. Córdoba, Argentina.

- GARBER, N. y HOEL, L. (2007). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras*, 3ra edición, Cengage Learning, México, D.F.
- GODOY, L. (2007). *Orden y argumento en una Tesis*, Primera edición, Universitas. Editorial Científica Universitaria, Córdoba, Argentina.
- JAMAR TECHNOLOGIES INC. (2009). *PETRAPro Reference Manual*, Vol. 1.6, Industry Road, Hatfield, PA, U.S.A.
- JAMAR TECHNOLOGIES INC. (2011). *TDC Ultra User's Manual*, Vol. 1.3, Industry Road, Hatfield, PA, U.S.A.
- KIMBER, R.M. (1980). *The Traffic Capacity of Roundabouts*, Transportation and Road Research Laboratory Report 942, Crowthorne, Berkshire.
- KYTE, M., CLEMOV, C., MAHFOOD, N., LALL, B., KHISTY, C. (1992). *Capacity and Characteristics of Two Way Stop Controlled Intersections*. Transportation Research Record 1320, TRB, Washington, D. C.
- KYTE, M., TIAN, Z., MIR, Z., HAMEEDMANSOOR, Z., KITTELSON, W., VANDEHEY, M., ROBINSON, B., BRILON, W., BONDZIO, L., WU, N. y TROUTBECK, R. (1996). *Capacity and Level of Service at Unsignalized Intersections*. Final Report: Volume 1 National Cooperative Highway Research Program 3-46.
- LUTTINEN, T. (2004). *Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections*. Finnish Road Administration, Finnra Report: 1/2004, ISBN 951-803-180-0, ISSN 1457-9871, TIEH 3200849E, Helsinki, Finland.
- MAY, A. (1990). *Traffic Flow Fundamentals*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. U.S.A.
- RAFF, M. y HART, J. (1950). *A volume warrant for urban stop sign. The Eno Foundation for Highway Traffic Control*.
- SIEGLOCH, W. (1973). *Capacity calculations for unsignalized intersections*. Schriftenreihe Strassenbau, Vol. 154.
- TIAN, Z. (1999). *Implementing the maximum likelihood methodology to measure a driver's critical gap*. *Traspn Res*, Part A, pp. 187 – 197.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, NCHRP Report 264 (1998). *Modern Roundabout Practice in the United States*, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., USA.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (2000). *Highway Capacity Manual*, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., USA.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, NCHRP Report 572 (2007). *Roundabouts in the United States*, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., USA.

- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, NCHRP Report 672 (2010). *Roundabouts: A Informational Guide*, Second Edition, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., USA.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (2010). *Highway Capacity Manual (HCM)*, N.R.C., Chapter 21: Roundabouts, Volumen 3: Interrupted Flow, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., USA.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (2010). *Highway Capacity Manual*, Supplemental 33, N.R.C., Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., USA.
- TROUTBECK, R. (1992). *Estimating the critical acceptance gap from traffic movements*, Queensland University of Technology, Australia.
- TROUTBECK, R. y BRILON, W. (1996). *Unsignalized Intersection Theory*. Chapter 8, página de internet: <http://www.tfrc.gov/its/tft/chap8.pdf>.
- URIBARREN, A. (1999). *Vialidad Urbana, Contenedora de servicios, Continente de relaciones*. 1ra. Edición, Imprenta MultiGraf, Córdoba, Argentina.
- WALPOLE, R. y MYERS, R. (1992). *Probabilidad y Estadística*, McGraw Hill, México, D.F.
- WEINERT, A. (1999). *Estimation of Critical Gaps and Follow-Up Times at Rural Unsignalized Intersections in Germany*. Transportation Research Circular E-C018: 4<sup>th</sup> International Symposium on Highway Capacity – pp. 409 – 421.
- WU, N. (2001). *A Universal Procedure for Capacity Determination at Unsignalized (priority-controlled) Intersections*. Transportation Research B 35. Issue 3. Elsevier Science Ltd., New York, Tokyo, Oxford. 2001.
- XU, F. y TIAN, Z. (2007). *Roundabout Geometric Design Guidance*. Report N° F/CA/RI-2006/13 California Department of Transportation, Department of Civil Engineering, California State University, U.S.A.

**ANEXO “A”**

**Estimación del  $t_c$  por Máxima Verosimilitud.**

**Tabla A.1. Base de Datos Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Izquierdo.**

Nº	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a=\log(\text{int. aceptado})$	$r=\log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{n_a} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{n_r} \frac{f(r_i) - f(a_i) - (a_i - r_i) f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
1	7,14	2,23	1,966	0,802	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	4,54	2,35	1,513	0,854	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,001	-0,001
3	3,44	1,87	1,235	0,626	0,661	0,000	4,734	0,000	-7,158	-0,230
4	4,26	2,09	1,449	0,737	0,999	0,000	0,033	0,000	-0,033	-0,008
5	3,76	2,62	1,324	0,963	0,941	0,001	1,512	0,041	-1,563	-0,205
6	3,94	2,40	1,371	0,875	0,985	0,000	0,488	0,001	-0,494	-0,083
7	4,47	2,27	1,497	0,820	1,000	0,000	0,004	0,000	-0,004	-0,001
8	9,98	1,96	2,301	0,673	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	5,31	1,81	1,670	0,593	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	9,49	2,34	2,250	0,850	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	16,94	3,12	2,830	1,138	1,000	0,198	0,000	3,606	4,498	-0,295
12	10,55	2,07	2,356	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13	6,10	1,92	1,808	0,652	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	6,89	2,11	1,930	0,747	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	4,00	2,09	1,386	0,737	0,991	0,000	0,313	0,000	-0,316	-0,058
16	3,72	1,84	1,314	0,610	0,923	0,000	1,860	0,000	-2,014	-0,222
17	10,34	2,44	2,336	0,892	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000
18	3,95	2,21	1,374	0,793	0,986	0,000	0,454	0,000	-0,460	-0,078
19	4,79	2,14	1,567	0,761	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	6,03	2,45	1,797	0,896	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
21	3,41	1,94	1,227	0,663	0,619	0,000	4,931	0,000	-7,966	-0,186
22	8,87	2,47	2,183	0,904	1,000	0,000	0,000	0,003	0,003	-0,001
23	5,25	2,63	1,658	0,967	1,000	0,001	0,000	0,048	0,048	-0,011
24	18,28	2,77	2,906	1,019	1,000	0,008	0,000	0,299	0,301	-0,056
25	6,15	2,12	1,816	0,751	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
26	6,01	2,07	1,793	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
27	13,44	2,50	2,598	0,916	1,000	0,000	0,000	0,005	0,005	-0,001
28	3,93	2,37	1,369	0,863	0,984	0,000	0,523	0,000	-0,532	-0,088
29	3,99	2,42	1,384	0,884	0,990	0,000	0,338	0,001	-0,340	-0,062
30	4,17	2,08	1,428	0,732	0,998	0,000	0,076	0,000	-0,076	-0,017
31	5,54	1,96	1,712	0,673	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
32	4,43	2,34	1,488	0,850	1,000	0,000	0,006	0,000	-0,006	-0,002
33	6,37	2,07	1,852	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
34	3,98	2,75	1,381	1,012	0,989	0,007	0,364	0,238	-0,128	-0,112
35	4,47	1,99	1,497	0,688	1,000	0,000	0,004	0,000	-0,004	-0,001
36	3,92	2,09	1,366	0,737	0,982	0,000	0,561	0,000	-0,571	-0,093
37	11,24	2,56	2,419	0,940	1,000	0,000	0,000	0,016	0,016	-0,004
38	3,77	2,08	1,327	0,732	0,945	0,000	1,432	0,000	-1,514	-0,187
39	5,50	2,57	1,705	0,944	1,000	0,000	0,000	0,018	0,018	-0,005
40	5,73	2,78	1,746	1,022	1,000	0,010	0,000	0,334	0,337	-0,061
41	4,03	1,86	1,394	0,621	0,993	0,000	0,248	0,000	-0,249	-0,047
42	6,60	2,02	1,887	0,703	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
43	6,15	1,95	1,816	0,668	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44	5,66	2,79	1,733	1,026	1,000	0,011	0,000	0,372	0,376	-0,067
45	11,07	1,85	2,404	0,615	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
46	11,60	2,37	2,451	0,863	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
47	11,40	1,93	2,434	0,658	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48	5,52	1,75	1,708	0,560	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49	8,71	1,91	2,164	0,647	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50	4,77	2,06	1,562	0,723	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
51	3,18	1,74	1,157	0,554	0,274	0,000	4,310	0,000	-15,731	0,730
52	3,40	2,18	1,224	0,779	0,604	0,000	4,985	0,000	-8,247	-0,169
53	8,55	2,06	2,146	0,723	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
54	3,06	2,36	1,118	0,859	0,136	0,000	2,824	0,000	-20,765	1,762
55	7,45	2,28	2,008	0,824	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
56	3,98	2,04	1,381	0,713	0,989	0,000	0,364	0,000	-0,368	-0,065
57	3,55	2,11	1,267	0,747	0,795	0,000	3,678	0,000	-4,627	-0,294
58	4,53	2,14	1,511	0,761	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,002	-0,001
59	9,21	1,92	2,220	0,652	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
60	3,51	2,29	1,256	0,829	0,751	0,000	4,106	0,000	-5,469	-0,286
61	5,09	2,15	1,627	0,765	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
62	5,90	2,51	1,775	0,920	1,000	0,000	0,000	0,006	0,006	-0,002
63	3,94	2,06	1,371	0,723	0,985	0,000	0,488	0,000	-0,495	-0,083
64	8,66	1,99	2,159	0,688	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
65	3,50	2,72	1,253	1,001	0,739	0,004	4,207	0,166	-5,501	-0,329
66	4,32	3,02	1,463	1,105	1,000	0,102	0,018	2,308	2,552	-0,257
67	3,61	1,83	1,284	0,604	0,851	0,000	3,005	0,000	-3,531	-0,284
68	6,24	2,70	1,831	0,993	1,000	0,003	0,000	0,128	0,129	-0,027
69	3,86	2,19	1,351	0,784	0,972	0,000	0,838	0,000	-0,862	-0,127
70	11,93	2,25	2,479	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
71	12,32	2,88	2,511	1,058	1,000	0,030	0,000	0,877	0,904	-0,131
72	4,36	2,16	1,472	0,770	1,000	0,000	0,012	0,000	-0,012	-0,003
73	9,98	2,41	2,301	0,880	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	F(a <sub>i</sub> )	F(r <sub>i</sub> )	f(a <sub>i</sub> )	f(r <sub>i</sub> )	$\sum_{i=1}^{126} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{126} \frac{f_i - \beta f(r_i) - (a_i - \beta f(a_i))}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
74	5,23	1,97	1,654	0,678	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
75	16,51	2,34	2,804	0,850	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
76	3,82	2,06	1,340	0,723	0,962	0,000	1,074	0,000	-1,116	-0,153
77	4,07	1,95	1,404	0,668	0,995	0,000	0,179	0,000	-0,180	-0,036
78	11,04	2,22	2,402	0,798	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
79	5,90	2,12	1,775	0,751	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
80	3,39	2,09	1,221	0,737	0,590	0,000	5,032	0,000	-8,533	-0,150
81	3,04	1,99	1,112	0,688	0,118	0,000	2,563	0,000	-21,663	1,981
82	11,44	2,34	2,437	0,850	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
83	3,53	2,18	1,261	0,779	0,774	0,000	3,896	0,000	-5,037	-0,292
84	3,40	2,56	1,224	0,940	0,604	0,000	4,985	0,016	-8,226	-0,176
85	5,30	2,13	1,668	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
86	5,27	1,81	1,662	0,593	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
87	7,45	3,24	2,008	1,176	1,000	0,360	0,000	4,841	7,561	-0,210
88	8,33	2,38	2,120	0,867	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
89	5,50	1,86	1,705	0,621	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
90	3,65	2,02	1,295	0,703	0,882	0,000	2,564	0,000	-2,909	-0,266
91	7,20	2,89	1,974	1,061	1,000	0,033	0,000	0,953	0,985	-0,140
92	4,04	2,00	1,396	0,693	0,994	0,000	0,229	0,000	-0,230	-0,044
93	5,70	2,27	1,740	0,820	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
94	9,12	2,44	2,210	0,892	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000
95	3,78	1,99	1,330	0,688	0,949	0,000	1,354	0,000	-1,427	-0,180
96	3,95	2,65	1,374	0,975	0,986	0,002	0,454	0,065	-0,395	-0,094
97	4,30	3,00	1,459	1,099	1,000	0,088	0,022	2,062	2,237	-0,243
98	4,93	2,91	1,595	1,068	1,000	0,040	0,000	1,118	1,165	-0,157
99	11,68	3,24	2,458	1,176	1,000	0,360	0,000	4,841	7,561	-0,210
100	4,18	2,19	1,430	0,784	0,998	0,000	0,069	0,000	-0,069	-0,016
101	8,15	2,54	2,098	0,932	1,000	0,000	0,000	0,011	0,011	-0,003
102	12,23	3,91	2,504	1,364	1,000	0,981	0,000	0,602	31,556	5,056
103	8,43	2,24	2,132	0,806	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
104	11,74	2,25	2,463	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
105	5,57	2,87	1,717	1,054	1,000	0,027	0,000	0,805	0,827	-0,123
106	5,51	2,22	1,707	0,798	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
107	5,29	1,87	1,666	0,626	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
108	4,57	2,39	1,520	0,871	1,000	0,000	0,001	0,001	-0,001	-0,001
109	5,92	2,63	1,778	0,967	1,000	0,001	0,000	0,048	0,048	-0,011
110	5,20	3,05	1,649	1,115	1,000	0,127	0,000	2,693	3,084	-0,272
111	6,82	2,03	1,920	0,708	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
112	4,16	2,75	1,426	1,012	0,998	0,007	0,083	0,238	0,157	-0,065
113	9,31	3,00	2,231	1,099	1,000	0,088	0,000	2,062	2,260	-0,237
114	4,63	2,07	1,533	0,728	1,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000
115	3,87	1,99	1,353	0,688	0,974	0,000	0,786	0,000	-0,807	-0,121
116	8,70	2,06	2,163	0,723	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
117	9,14	2,47	2,213	0,904	1,000	0,000	0,000	0,003	0,003	-0,001
118	4,45	1,94	1,493	0,663	1,000	0,000	0,005	0,000	-0,005	-0,001
119	6,17	1,70	1,820	0,531	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
120	4,08	2,53	1,406	0,928	0,996	0,000	0,165	0,009	-0,157	-0,036
121	4,84	2,50	1,577	0,916	1,000	0,000	0,000	0,005	0,005	-0,002
122	14,59	1,92	2,680	0,652	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
123	6,09	2,42	1,807	0,884	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
124	3,78	1,61	1,330	0,476	0,949	0,000	1,354	0,000	-1,427	-0,180
125	13,75	2,13	2,621	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
126	5,08	1,81	1,625	0,593	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
127	5,38	2,21	1,683	0,793	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
128	3,52	1,58	1,258	0,457	0,762	0,000	4,002	0,000	-5,250	-0,290
129	4,11	2,24	1,413	0,806	0,997	0,000	0,128	0,000	-0,128	-0,027
130	4,59	2,62	1,524	0,963	1,000	0,001	0,001	0,041	0,040	-0,010
131	4,35	2,81	1,470	1,033	1,000	0,014	0,013	0,457	0,451	-0,083
132	4,23	1,54	1,442	0,432	0,999	0,000	0,043	0,000	-0,043	-0,010
133	4,19	2,05	1,433	0,718	0,999	0,000	0,063	0,000	-0,063	-0,014
134	7,60	2,32	2,028	0,842	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
135	5,83	2,33	1,763	0,846	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
136	12,03	3,19	2,487	1,160	1,000	0,288	0,000	4,413	6,195	-0,268
137	11,77	1,99	2,466	0,688	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
138	8,48	2,63	2,138	0,967	1,000	0,001	0,000	0,048	0,048	-0,011
139	3,80	2,11	1,335	0,747	0,956	0,000	1,208	0,000	-1,264	-0,166
140	4,20	1,79	1,435	0,582	0,999	0,000	0,057	0,000	-0,058	-0,013
141	7,79	1,81	2,053	0,593	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
142	8,01	2,29	2,081	0,829	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
143	5,48	2,89	1,701	1,061	1,000	0,033	0,000	0,953	0,985	-0,140
144	3,51	1,44	1,256	0,365	0,751	0,000	4,106	0,000	-5,469	-0,286
145	5,65	2,62	1,732	0,963	1,000	0,001	0,000	0,041	0,041	-0,010
146	5,76	2,88	1,751	1,058	1,000	0,030	0,000	0,877	0,904	-0,131



N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	F(a <sub>i</sub> )	F(r <sub>i</sub> )	f(a <sub>i</sub> )	f(r <sub>i</sub> )	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f_i - \bar{f}(r_i) - [a_i - \bar{f}(a_i)]}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
147	14,91	1,62	2,702	0,482	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
148	3,98	1,99	1,381	0,688	0,989	0,000	0,364	0,000	-0,368	-0,065
149	4,87	1,73	1,583	0,548	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
150	10,49	2,09	2,350	0,737	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
151	10,56	2,17	2,357	0,775	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
152	6,31	1,77	1,842	0,571	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
153	15,52	2,37	2,742	0,863	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
154	8,64	2,42	2,156	0,884	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
155	3,42	2,71	1,230	0,997	0,633	0,004	4,871	0,146	-7,506	-0,252
156	4,77	1,86	1,562	0,621	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
157	6,98	2,42	1,943	0,884	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
158	7,76	1,98	2,049	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
159	4,03	2,06	1,394	0,723	0,993	0,000	0,248	0,000	-0,249	-0,047
160	7,97	2,50	2,076	0,916	1,000	0,000	0,000	0,005	0,005	-0,001
161	7,41	4,11	2,003	1,413	1,000	0,997	0,000	0,128	39,124	8,221
162	10,71	2,26	2,371	0,815	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
163	5,71	2,60	1,742	0,956	1,000	0,001	0,000	0,030	0,030	-0,007
164	5,85	1,95	1,766	0,668	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
165	7,48	2,87	2,012	1,053	1,000	0,026	0,000	0,770	0,790	-0,119
166	12,15	3,04	2,497	1,112	1,000	0,118	0,000	2,563	2,907	-0,266
167	8,44	2,65	2,133	0,975	1,000	0,002	0,000	0,065	0,065	-0,015
168	4,93	2,47	1,595	0,904	1,000	0,000	0,000	0,003	0,003	-0,001
169	3,96	2,00	1,376	0,693	0,987	0,000	0,422	0,000	-0,427	-0,074
170	4,10	2,52	1,411	0,924	0,996	0,000	0,139	0,008	-0,132	-0,031
171	6,14	2,02	1,815	0,703	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
172	7,23	1,99	1,978	0,688	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
173	14,90	3,02	2,701	1,105	1,000	0,102	0,000	2,308	2,571	-0,252
174	5,44	2,82	1,694	1,037	1,000	0,016	0,000	0,506	0,514	-0,086
175	12,65	2,95	2,538	1,082	1,000	0,058	0,000	1,500	1,592	-0,193
176	3,77	2,22	1,327	0,798	0,945	0,000	1,432	0,000	-1,514	-0,187
177	7,66	2,38	2,036	0,867	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
178	5,10	2,23	1,629	0,802	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
179	4,29	1,87	1,456	0,626	0,999	0,000	0,024	0,000	-0,024	-0,006
180	3,73	2,46	1,316	0,900	0,928	0,000	1,769	0,002	-1,903	-0,216
181	4,60	3,17	1,526	1,154	1,000	0,261	0,001	4,202	5,682	-0,282
182	4,59	3,09	1,524	1,128	1,000	0,165	0,001	3,218	3,855	-0,290
183	6,48	2,74	1,869	1,008	1,000	0,006	0,000	0,211	0,213	-0,042
184	10,73	2,30	2,373	0,833	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
185	5,41	2,95	1,688	1,082	1,000	0,058	0,000	1,500	1,592	-0,193
186	3,97	2,34	1,379	0,850	0,988	0,000	0,392	0,000	-0,397	-0,070
187	8,89	3,00	2,185	1,099	1,000	0,088	0,000	2,062	2,260	-0,237
188	3,81	2,27	1,338	0,820	0,959	0,000	1,140	0,000	-1,188	-0,160
189	4,18	1,95	1,430	0,668	0,998	0,000	0,069	0,000	-0,069	-0,016
190	8,12	2,30	2,094	0,833	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
191	8,49	2,16	2,139	0,770	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
192	11,08	3,84	2,405	1,345	1,000	0,967	0,000	0,950	28,885	4,106
193	3,42	1,78	1,230	0,577	0,633	0,000	4,871	0,000	-7,692	-0,203
194	3,84	1,90	1,345	0,642	0,967	0,000	0,950	0,000	-0,983	-0,140
195	4,97	2,08	1,603	0,732	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
196	4,28	1,61	1,454	0,476	0,999	0,000	0,027	0,000	-0,027	-0,007
197	3,71	1,78	1,311	0,577	0,918	0,000	1,954	0,000	-2,128	-0,229
198	3,70	1,90	1,308	0,642	0,913	0,000	2,050	0,000	-2,246	-0,236
199	3,97	2,21	1,379	0,793	0,988	0,000	0,392	0,000	-0,397	-0,070
200	5,32	2,07	1,671	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
201	15,50	3,03	2,741	1,109	1,000	0,110	0,000	2,435	2,736	-0,259
202	10,05	1,57	2,308	0,451	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
203	4,49	1,36	1,502	0,307	1,000	0,000	0,003	0,000	-0,003	-0,001
204	3,97	2,19	1,379	0,784	0,988	0,000	0,392	0,000	-0,397	-0,070
205	3,84	2,12	1,345	0,751	0,967	0,000	0,950	0,000	-0,983	-0,140
206	4,51	1,91	1,506	0,647	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,002	-0,001
207	4,11	1,97	1,413	0,678	0,997	0,000	0,128	0,000	-0,128	-0,027
208	3,81	2,11	1,338	0,747	0,959	0,000	1,140	0,000	-1,189	-0,160
209	5,21	1,93	1,651	0,658	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
210	4,02	1,54	1,391	0,432	0,993	0,000	0,268	0,000	-0,270	-0,051
211	3,74	2,52	1,319	0,924	0,933	0,000	1,680	0,008	-1,793	-0,211
212	3,49	1,60	1,250	0,470	0,727	0,000	4,305	0,000	-5,923	-0,276
213	6,72	2,15	1,905	0,765	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
214	6,89	2,52	1,930	0,924	1,000	0,000	0,000	0,008	0,008	-0,002
215	16,87	3,48	2,826	1,247	1,000	0,714	0,000	4,399	15,394	0,673
216	6,85	3,09	1,924	1,128	1,000	0,165	0,000	3,218	3,856	-0,290
217	7,19	3,29	1,973	1,191	1,000	0,436	0,000	5,096	9,039	-0,112
218	4,34	2,11	1,468	0,747	1,000	0,000	0,015	0,000	-0,015	-0,004
219	4,97	2,59	1,603	0,952	1,000	0,001	0,000	0,026	0,026	-0,006

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^n \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^n \frac{f(r_i) - \beta f(r_i) - (a_i - \beta a_i) f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
220	4,39	2,27	1,479	0,820	1,000	0,000	0,009	0,000	-0,009	-0,002
221	7,22	2,19	1,977	0,784	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
222	3,56	2,43	1,270	0,888	0,805	0,000	3,567	0,001	-4,429	-0,295
223	6,48	2,94	1,869	1,078	1,000	0,053	0,000	1,398	1,477	-0,184
224	6,15	2,34	1,816	0,850	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
225	5,89	1,91	1,773	0,647	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
226	4,15	2,01	1,423	0,698	0,998	0,000	0,090	0,000	-0,091	-0,020
227	7,37	2,99	1,997	1,095	1,000	0,081	0,000	1,943	2,114	-0,228
228	4,14	2,18	1,421	0,779	0,998	0,000	0,099	0,000	-0,099	-0,022
229	9,91	2,59	2,294	0,952	1,000	0,001	0,000	0,026	0,026	-0,006
230	3,96	2,13	1,376	0,756	0,987	0,000	0,422	0,000	-0,427	-0,074
231	8,59	1,93	2,151	0,658	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
232	4,69	2,75	1,545	1,012	1,000	0,007	0,000	0,238	0,239	-0,046
233	3,61	2,57	1,284	0,944	0,851	0,000	3,005	0,018	-3,511	-0,290
234	4,77	1,82	1,562	0,599	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
235	3,15	1,98	1,147	0,683	0,235	0,000	3,974	0,000	-16,932	0,947
236	7,37	2,27	1,997	0,820	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
237	4,67	2,82	1,541	1,037	1,000	0,016	0,000	0,506	0,513	-0,086
238	7,42	2,98	2,004	1,092	1,000	0,075	0,000	1,827	1,974	-0,220
239	4,98	1,91	1,605	0,647	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
240	4,17	2,48	1,428	0,908	0,998	0,000	0,076	0,004	-0,072	-0,018
241	4,47	1,88	1,497	0,631	1,000	0,000	0,004	0,000	-0,004	-0,001
242	4,56	2,38	1,517	0,867	1,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	-0,001
243	3,55	1,69	1,267	0,525	0,795	0,000	3,678	0,000	-4,627	-0,294
244	4,44	2,76	1,491	1,015	1,000	0,007	0,005	0,267	0,264	-0,052
245	10,07	3,21	2,310	1,166	1,000	0,316	0,000	4,602	6,727	-0,249
246	11,21	2,07	2,417	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
247	3,78	2,73	1,330	1,004	0,949	0,005	1,354	0,187	-1,236	-0,221
248	4,88	1,89	1,585	0,637	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
249	14,47	2,59	2,672	0,952	1,000	0,001	0,000	0,026	0,026	-0,006
250	4,16	1,98	1,426	0,683	0,998	0,000	0,083	0,000	-0,083	-0,018
251	5,86	2,43	1,768	0,888	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
252	3,86	2,92	1,351	1,072	0,972	0,044	0,838	1,207	0,398	-0,305
253	5,79	2,94	1,756	1,078	1,000	0,053	0,000	1,398	1,477	-0,184
254	10,07	2,08	2,310	0,732	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
255	3,86	1,93	1,351	0,658	0,972	0,000	0,838	0,000	-0,862	-0,127
256	2,95	1,97	1,082	0,678	0,058	0,000	1,500	0,000	-25,887	3,145
257	3,83	2,46	1,343	0,900	0,965	0,000	1,011	0,002	-1,046	-0,147
258	5,90	2,73	1,775	1,004	1,000	0,005	0,000	0,187	0,188	-0,037
259	4,04	2,64	1,396	0,971	0,994	0,001	0,229	0,056	-0,174	-0,058
260	4,65	2,13	1,537	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
261	6,15	3,27	1,816	1,185	1,000	0,405	0,000	5,017	8,435	-0,156
262	3,44	2,11	1,235	0,747	0,661	0,000	4,734	0,000	-7,158	-0,230
263	4,65	2,60	1,537	0,956	1,000	0,001	0,000	0,030	0,030	-0,008
264	3,64	1,99	1,292	0,688	0,874	0,000	2,673	0,000	-3,056	-0,271
265	3,17	2,13	1,154	0,756	0,261	0,000	4,202	0,000	-16,127	0,800
266	5,33	2,96	1,673	1,085	1,000	0,063	0,000	1,605	1,713	-0,202
267	10,22	2,35	2,324	0,854	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
268	3,76	2,06	1,324	0,723	0,941	0,000	1,512	0,000	-1,606	-0,194
269	3,94	2,20	1,371	0,788	0,985	0,000	0,488	0,000	-0,495	-0,083
270	7,51	1,94	2,016	0,663	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
271	6,82	2,92	1,920	1,072	1,000	0,044	0,000	1,207	1,263	-0,166
272	5,37	2,44	1,681	0,892	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000
273	3,55	1,72	1,267	0,542	0,795	0,000	3,678	0,000	-4,627	-0,294
274	4,00	2,35	1,386	0,854	0,991	0,000	0,313	0,000	-0,315	-0,058
275	3,17	2,49	1,154	0,912	0,261	0,000	4,202	0,004	-16,116	0,795
276	4,51	2,38	1,506	0,867	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,002	-0,001
277	13,88	2,07	2,630	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
278	3,72	2,86	1,314	1,051	0,923	0,024	1,860	0,737	-1,249	-0,353
279	5,25	2,13	1,658	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
280	6,13	2,89	1,813	1,061	1,000	0,033	0,000	0,953	0,985	-0,140
281	5,08	2,24	1,625	0,806	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
282	9,60	2,76	2,262	1,015	1,000	0,007	0,000	0,267	0,269	-0,051
283	3,98	2,05	1,381	0,718	0,989	0,000	0,364	0,000	-0,368	-0,065
284	12,85	2,18	2,553	0,779	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
285	7,73	3,05	2,045	1,115	1,000	0,127	0,000	2,693	3,084	-0,272
286	4,87	1,98	1,583	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
287	3,98	3,16	1,381	1,151	0,989	0,247	0,364	4,090	5,023	-0,378
288	3,58	2,08	1,275	0,732	0,824	0,000	3,343	0,000	-4,054	-0,292
289	6,07	2,08	1,803	0,732	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
290	3,39	2,42	1,221	0,884	0,590	0,000	5,032	0,001	-8,531	-0,150
291	5,51	2,25	1,707	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
292	3,93	2,14	1,369	0,761	0,984	0,000	0,523	0,000	-0,532	-0,088

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{100} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{100} \frac{(r_i - \mu)(f(r_i) - f(a_i)) - (a_i - \mu)(f(a_i) - f(r_i))}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
293	5,14	2,78	1,637	1,022	1,000	0,010	0,000	0,334	0,337	-0,061
294	4,73	3,07	1,554	1,122	1,000	0,145	0,000	2,955	3,457	-0,282
295	4,88	3,41	1,585	1,227	1,000	0,619	0,000	4,931	12,943	0,303
296	5,57	1,98	1,717	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
297	13,53	2,76	2,605	1,015	1,000	0,007	0,000	0,267	0,269	-0,051
298	4,94	2,93	1,597	1,075	1,000	0,048	0,000	1,301	1,367	-0,175
299	3,44	1,66	1,235	0,507	0,661	0,000	0,000	4,734	0,000	-7,158
300	6,71	2,22	1,904	0,798	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
301	10,97	2,95	2,395	1,082	1,000	0,058	0,000	1,500	1,592	-0,193
302	10,17	1,97	2,319	0,678	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
303	4,69	2,72	1,545	1,001	1,000	0,004	0,000	0,166	0,166	-0,034
304	5,11	2,98	1,631	1,092	1,000	0,075	0,000	1,827	1,974	-0,220
305	5,62	2,21	1,726	0,793	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
306	6,19	3,07	1,823	1,122	1,000	0,145	0,000	2,955	3,458	-0,282
307	7,17	2,51	1,970	0,920	1,000	0,000	0,000	0,006	0,006	-0,002
308	9,07	1,87	2,205	0,626	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
309	5,47	2,72	1,699	1,001	1,000	0,004	0,000	0,166	0,166	-0,034
310	3,29	1,60	1,191	0,470	0,436	0,000	5,096	0,000	-11,685	0,145
311	8,05	3,24	2,086	1,176	1,000	0,360	0,000	4,841	7,561	-0,210
312	5,86	2,38	1,768	0,867	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
313	3,53	2,96	1,261	1,085	0,774	0,063	3,896	1,605	-3,225	-0,585
314	6,93	3,17	1,936	1,154	1,000	0,261	0,000	4,202	5,683	-0,282
315	6,72	1,87	1,905	0,626	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
316	4,27	3,21	1,452	1,166	0,999	0,316	0,030	4,602	6,691	-0,260
317	4,28	2,65	1,454	0,975	0,999	0,002	0,027	0,065	0,038	-0,022
318	3,88	2,58	1,356	0,948	0,976	0,000	0,736	0,022	-0,732	-0,121
319	13,91	2,34	2,633	0,850	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
320	7,61	2,95	2,029	1,082	1,000	0,058	0,000	1,500	1,592	-0,193
321	10,98	3,29	2,396	1,191	1,000	0,436	0,000	5,096	9,039	-0,112
322	8,82	2,18	2,177	0,779	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
323	5,19	2,67	1,647	0,982	1,000	0,002	0,000	0,086	0,086	-0,019
324	8,57	2,23	2,148	0,802	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
325	6,36	2,46	1,850	0,900	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
326	3,97	3,29	1,379	1,191	0,988	0,436	0,392	5,096	8,518	-0,239
327	6,98	2,36	1,943	0,859	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
328	3,78	1,88	1,330	0,631	0,949	0,000	1,354	0,000	-1,427	-0,180
329	6,42	2,99	1,859	1,095	1,000	0,081	0,000	1,943	2,114	-0,228
330	3,24	2,79	1,176	1,026	0,360	0,011	4,841	0,372	-12,808	0,196
331	5,15	3,13	1,639	1,141	1,000	0,210	0,000	3,731	4,724	-0,294
332	11,49	2,52	2,441	0,924	1,000	0,000	0,000	0,008	0,008	-0,002
333	14,85	2,82	2,698	1,037	1,000	0,016	0,000	0,506	0,514	-0,086
334	7,83	2,56	2,058	0,940	1,000	0,000	0,000	0,016	0,016	-0,004
335	4,02	2,51	1,391	0,920	0,993	0,000	0,268	0,006	-0,264	-0,053
336	11,21	3,52	2,417	1,258	1,000	0,762	0,000	4,002	16,836	0,929
337	4,22	2,06	1,440	0,723	0,999	0,000	0,048	0,000	-0,048	-0,011
338	6,44	3,28	1,863	1,188	1,000	0,421	0,000	5,060	8,735	-0,135
339	3,81	2,13	1,338	0,756	0,959	0,000	1,140	0,000	-1,189	-0,160
340	11,31	3,66	2,426	1,297	1,000	0,888	0,000	2,458	22,035	2,075
341	3,13	2,05	1,141	0,718	0,210	0,000	3,731	0,000	-17,755	1,106
342	4,66	2,86	1,539	1,051	1,000	0,024	0,000	0,737	0,755	-0,115
343	5,76	2,65	1,751	0,975	1,000	0,002	0,000	0,065	0,065	-0,015
344	7,03	2,14	1,950	0,761	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
345	4,74	3,28	1,556	1,188	1,000	0,421	0,000	5,060	8,735	-0,135
346	6,74	2,65	1,908	0,975	1,000	0,002	0,000	0,065	0,065	-0,015
347	6,27	2,91	1,836	1,068	1,000	0,040	0,000	1,118	1,165	-0,157
348	4,21	2,24	1,437	0,806	0,999	0,000	0,052	0,000	-0,052	-0,012
349	8,46	1,93	2,135	0,658	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
350	5,35	3,09	1,677	1,128	1,000	0,165	0,000	3,218	3,856	-0,290
351	11,17	2,97	2,413	1,089	1,000	0,069	0,000	1,714	1,841	-0,211
352	4,81	2,81	1,571	1,033	1,000	0,014	0,000	0,457	0,464	-0,079
353	5,31	1,95	1,670	0,668	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
354	4,63	2,10	1,533	0,742	1,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000
355	7,11	3,24	1,962	1,176	1,000	0,360	0,000	4,841	7,561	-0,210
356	3,95	1,88	1,374	0,631	0,986	0,000	0,454	0,000	-0,460	-0,078
357	3,76	1,92	1,324	0,652	0,941	0,000	1,512	0,000	-1,606	-0,194
358	6,57	2,08	1,883	0,732	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
359	3,29	1,90	1,191	0,642	0,436	0,000	5,096	0,000	-11,685	0,145
360	4,54	2,92	1,513	1,072	1,000	0,044	0,002	1,207	1,262	-0,167
361	6,70	2,21	1,902	0,793	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
362	5,80	2,84	1,758	1,044	1,000	0,020	0,000	0,613	0,626	-0,100
363	3,96	3,15	1,376	1,147	0,987	0,235	0,422	3,974	4,719	-0,392
364	3,56	2,46	1,270	0,900	0,805	0,000	3,567	0,002	-4,428	-0,295
365	3,90	1,92	1,361	0,652	0,979	0,000	0,644	0,000	-0,658	-0,104

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f_i - \bar{f}(r_i) - [a_i - \bar{f}(a_i)]}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
366	3,82	2,70	1,340	0,993	0,962	0,003	1,074	0,128	-0,986	-0,182
367	6,43	2,25	1,861	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
368	3,47	2,88	1,244	1,058	0,701	0,030	4,490	0,877	-5,380	-0,463
369	5,08	3,35	1,625	1,209	1,000	0,529	0,000	5,149	10,935	0,062
370	4,84	2,12	1,577	0,751	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
371	3,41	2,44	1,227	0,892	0,619	0,000	4,931	0,002	-7,964	-0,187
372	7,97	1,89	2,076	0,637	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
373	4,20	2,21	1,435	0,793	0,999	0,000	0,057	0,000	-0,058	-0,013
374	4,75	3,00	1,558	1,099	1,000	0,088	0,000	2,062	2,260	-0,237
375	9,10	2,59	2,208	0,952	1,000	0,001	0,000	0,026	0,026	-0,006
376	8,69	2,50	2,162	0,916	1,000	0,000	0,000	0,005	0,005	-0,001
377	9,99	3,09	2,302	1,128	1,000	0,165	0,000	3,218	3,856	-0,290
378	4,22	2,13	1,440	0,756	0,999	0,000	0,048	0,000	-0,048	-0,011
379	3,92	2,08	1,366	0,732	0,982	0,000	0,561	0,000	-0,571	-0,093
380	7,42	3,18	2,004	1,157	1,000	0,274	0,000	4,310	5,937	-0,276
381	6,17	2,95	1,820	1,082	1,000	0,058	0,000	1,500	1,592	-0,193
382	8,39	2,31	2,127	0,837	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
383	4,08	2,93	1,406	1,075	0,996	0,048	0,165	1,301	1,199	-0,212
384	3,88	2,94	1,356	1,078	0,976	0,053	0,736	1,398	0,718	-0,311
385	4,38	2,52	1,477	0,924	1,000	0,000	0,010	0,008	-0,002	-0,005
386	4,01	3,33	1,389	1,203	0,992	0,498	0,290	5,163	9,873	-0,112
387	6,64	2,65	1,893	0,975	1,000	0,002	0,000	0,065	0,065	-0,015
388	5,39	2,87	1,685	1,054	1,000	0,027	0,000	0,805	0,827	-0,123
389	9,46	2,53	2,247	0,928	1,000	0,000	0,000	0,009	0,009	-0,003
390	6,42	2,94	1,859	1,078	1,000	0,053	0,000	1,398	1,477	-0,184
391	4,96	3,04	1,601	1,112	1,000	0,118	0,000	2,563	2,907	-0,266
392	8,47	3,12	2,137	1,138	1,000	0,198	0,000	3,606	4,498	-0,295
393	3,61	2,29	1,284	0,829	0,851	0,000	3,005	0,000	-3,531	-0,284
394	3,87	2,16	1,353	0,770	0,974	0,000	0,786	0,000	-0,807	-0,121
395	8,01	2,31	2,081	0,837	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
396	8,48	2,81	2,138	1,033	1,000	0,014	0,000	0,457	0,464	-0,079
397	5,63	2,42	1,728	0,884	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
398	5,82	2,67	1,761	0,982	1,000	0,002	0,000	0,086	0,086	-0,019
399	14,08	3,11	2,645	1,135	1,000	0,187	0,000	3,478	4,278	-0,294
400	5,90	2,41	1,775	0,880	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
401	3,23	2,83	1,172	1,040	0,345	0,017	4,768	0,558	-12,854	0,171
402	3,98	2,37	1,381	0,863	0,989	0,000	0,364	0,000	-0,368	-0,066
403	5,29	2,45	1,666	0,896	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
404	5,09	2,99	1,627	1,095	1,000	0,081	0,000	1,943	2,114	-0,228
405	4,09	2,61	1,409	0,959	0,996	0,001	0,152	0,035	-0,117	-0,040
406	3,68	2,57	1,303	0,944	0,901	0,000	2,250	0,018	-2,477	-0,254
407	4,78	3,05	1,564	1,115	1,000	0,127	0,000	2,693	3,084	-0,272
408	3,21	2,65	1,166	0,975	0,316	0,002	4,602	0,065	-14,437	0,495

media (ai,ri)	desv std (ai,ri)	Ecuación 1	Ecuación 2
1,203	0,077	0,000	0,000

$$E(t_c) = e^{\mu+0,5\sigma^2}$$

$$Var(t_c) = E(t_c)^2(e^{\sigma^2} - 1)$$

$t_c$	3,34
$var(t_c)$	0,07

**Tabla A.2. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Derecho.**

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechazado})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{200} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{200} \frac{r_i - a_i}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
1	6,46	2,85	1,866	1,047	1,000	0,034	0,000	0,879	0,910	-0,142
2	4,07	2,58	1,404	0,948	0,990	0,001	0,299	0,053	-0,249	-0,074
3	10,07	2,38	2,310	0,867	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
4	11,11	2,21	2,408	0,793	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	10,54	1,92	2,355	0,652	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	6,11	2,32	1,810	0,842	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
7	11,66	2,02	2,456	0,703	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	6,19	2,60	1,823	0,956	1,000	0,002	0,000	0,069	0,069	-0,017
9	10,23	2,00	2,325	0,693	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	11,33	2,22	2,427	0,798	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	3,55	2,05	1,267	0,718	0,772	0,000	3,542	0,000	-4,590	-0,292
12	3,64	2,43	1,292	0,888	0,850	0,000	2,728	0,005	-3,203	-0,286
13	8,82	1,95	2,177	0,668	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	4,30	2,42	1,459	0,884	0,999	0,000	0,054	0,004	-0,050	-0,015
15	5,06	2,79	1,621	1,026	1,000	0,019	0,000	0,541	0,551	-0,098
16	3,98	2,33	1,381	0,846	0,981	0,000	0,534	0,001	-0,543	-0,097
17	7,30	2,06	1,988	0,723	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18	4,09	2,68	1,409	0,986	0,992	0,005	0,261	0,182	-0,080	-0,094
19	3,87	3,04	1,353	1,112	0,960	0,142	1,002	2,630	1,989	-0,478
20	6,17	2,16	1,820	0,770	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21	16,30	2,37	2,791	0,863	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
22	3,39	1,72	1,221	0,542	0,581	0,000	4,575	0,000	-7,876	-0,137
23	6,94	2,12	1,937	0,751	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24	9,56	1,75	2,258	0,560	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25	4,72	3,02	1,552	1,105	1,000	0,125	0,001	2,414	2,758	-0,271
26	4,91	1,51	1,591	0,412	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
27	3,52	2,05	1,258	0,718	0,740	0,000	3,795	0,000	-5,125	-0,282
28	7,25	2,82	1,981	1,037	1,000	0,026	0,000	0,696	0,714	-0,119
29	10,65	2,69	2,366	0,990	1,000	0,006	0,000	0,203	0,204	-0,044
30	11,08	3,04	2,405	1,112	1,000	0,142	0,000	2,630	3,065	-0,281
31	5,12	1,90	1,633	0,642	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
32	3,43	1,39	1,233	0,329	0,634	0,000	4,407	0,000	-6,955	-0,203
33	6,27	2,07	1,836	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
34	5,92	2,93	1,778	1,075	1,000	0,066	0,000	1,509	1,616	-0,208
35	4,21	1,31	1,437	0,270	0,997	0,000	0,109	0,000	-0,110	-0,026
36	5,98	2,56	1,788	0,940	1,000	0,001	0,000	0,040	0,040	-0,011
37	6,05	1,55	1,800	0,438	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
38	3,50	2,28	1,253	0,824	0,718	0,000	3,953	0,000	-5,502	-0,272
39	3,57	1,57	1,273	0,451	0,791	0,000	3,365	0,000	-4,254	-0,294
40	4,38	2,95	1,477	1,082	0,999	0,077	0,028	1,695	1,809	-0,232
41	11,68	2,39	2,458	0,871	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
42	13,87	2,94	2,630	1,078	1,000	0,072	0,000	1,601	1,724	-0,216
43	11,15	2,09	2,411	0,737	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
44	5,74	2,35	1,747	0,854	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
45	3,42	1,40	1,230	0,336	0,621	0,000	4,456	0,000	-7,179	-0,188
46	5,11	2,88	1,631	1,058	1,000	0,044	0,000	1,092	1,142	-0,166
47	3,59	2,36	1,278	0,859	0,809	0,000	3,185	0,001	-3,934	-0,295
48	3,33	1,62	1,203	0,482	0,498	0,000	4,671	0,000	-9,379	0,004
49	7,30	2,13	1,988	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
50	7,61	2,71	2,029	0,997	1,000	0,008	0,000	0,252	0,254	-0,052
51	10,26	2,15	2,328	0,765	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
52	4,79	2,10	1,567	0,742	1,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000
53	7,14	2,59	1,966	0,952	1,000	0,002	0,000	0,061	0,061	-0,015
54	6,08	2,52	1,805	0,924	1,000	0,001	0,000	0,022	0,022	-0,006
55	3,79	1,84	1,332	0,610	0,934	0,000	1,494	0,000	-1,598	-0,206
56	4,27	2,82	1,452	1,037	0,998	0,026	0,068	0,696	0,645	-0,137
57	6,06	1,47	1,802	0,385	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
58	12,14	3,15	2,497	1,147	1,000	0,256	0,000	3,768	5,064	-0,284
59	6,35	1,96	1,848	0,673	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
60	11,74	2,88	2,463	1,058	1,000	0,044	0,000	1,092	1,142	-0,166
61	7,88	1,81	2,064	0,593	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
62	8,17	2,82	2,100	1,037	1,000	0,026	0,000	0,696	0,714	-0,119
63	6,29	1,85	1,839	0,615	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
64	3,74	2,65	1,319	0,975	0,912	0,004	1,866	0,129	-1,912	-0,270
65	6,31	2,56	1,842	0,940	1,000	0,001	0,000	0,040	0,040	-0,011
66	10,03	3,19	2,306	1,160	1,000	0,306	0,000	4,106	5,914	-0,257
67	5,54	2,97	1,712	1,089	1,000	0,089	0,000	1,892	2,077	-0,239
68	7,35	3,32	1,995	1,200	1,000	0,484	0,000	4,667	9,045	-0,031
69	10,63	1,70	2,364	0,531	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
70	3,46	2,85	1,241	1,047	0,671	0,034	4,234	0,879	-5,262	-0,467
71	9,07	1,86	2,205	0,621	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
72	3,61	1,66	1,284	0,507	0,826	0,000	3,002	0,000	-3,632	-0,292
73	5,67	2,12	1,735	0,751	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz.})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i) - \beta f(a_i) - (a_i - \beta f(a_i))}{f(a_i) - F(r_i)} = 0$
74	6,54	2,05	1,878	0,718	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
75	8,11	2,46	2,093	0,900	1,000	0,000	0,000	0,009	0,009	-0,003
76	11,22	1,80	2,418	0,588	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
77	5,03	1,97	1,615	0,678	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
78	4,28	2,69	1,454	0,990	0,998	0,006	0,063	0,203	0,141	-0,060
79	3,72	2,95	1,314	1,082	0,902	0,077	2,028	1,695	-0,403	-0,521
80	15,36	2,31	2,732	0,837	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
81	3,24	1,99	1,176	0,688	0,372	0,000	4,430	0,000	-11,898	0,331
82	4,52	1,95	1,509	0,668	1,000	0,000	0,008	0,000	-0,008	-0,002
83	8,05	2,21	2,086	0,793	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
84	7,17	2,05	1,970	0,718	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
85	3,65	2,88	1,295	1,058	0,858	0,044	2,637	1,092	-1,899	-0,492
86	9,88	2,24	2,291	0,806	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
87	8,23	1,91	2,108	0,647	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
88	7,68	2,38	2,039	0,867	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
89	5,53	3,77	1,710	1,327	1,000	0,926	0,000	1,637	22,184	2,744
90	5,18	1,94	1,645	0,663	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
91	2,98	1,86	1,092	0,621	0,096	0,000	1,993	0,000	-20,779	2,316
92	3,93	2,76	1,369	1,015	0,973	0,014	0,719	0,412	-0,319	-0,205
93	7,10	2,31	1,960	0,837	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
94	11,23	3,18	2,419	1,157	1,000	0,293	0,000	4,027	5,696	-0,265
95	4,22	1,99	1,440	0,688	0,997	0,000	0,101	0,000	-0,101	-0,024
96	10,57	2,34	2,358	0,850	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
97	7,43	2,60	2,006	0,956	1,000	0,002	0,000	0,069	0,069	-0,017
98	9,43	2,56	2,244	0,940	1,000	0,001	0,000	0,040	0,040	-0,011
99	3,57	2,09	1,273	0,737	0,791	0,000	3,365	0,000	-4,254	-0,294
100	5,83	2,39	1,763	0,871	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
101	5,17	2,30	1,643	0,833	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
102	3,18	2,48	1,157	0,908	0,293	0,000	4,027	0,012	-13,717	0,628
103	4,27	2,93	1,452	1,075	0,998	0,066	0,068	1,509	1,546	-0,226
104	14,46	2,80	2,671	1,030	1,000	0,021	0,000	0,589	0,602	-0,105
105	4,97	2,42	1,603	0,884	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,001
106	4,31	2,89	1,461	1,061	0,999	0,048	0,050	1,169	1,178	-0,188
107	7,91	3,08	2,068	1,125	1,000	0,179	0,000	3,063	3,731	-0,293
108	3,66	1,88	1,297	0,631	0,865	0,000	2,547	0,000	-2,946	-0,277
109	4,51	1,87	1,506	0,626	1,000	0,000	0,009	0,000	-0,009	-0,003
110	3,14	2,77	1,144	1,019	0,244	0,015	3,674	0,452	-14,079	0,585
111	7,50	2,19	2,015	0,784	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
112	3,45	2,78	1,238	1,022	0,659	0,017	4,295	0,495	-5,921	-0,374
113	7,63	2,44	2,032	0,892	1,000	0,000	0,000	0,006	0,006	-0,002
114	5,27	2,51	1,662	0,920	1,000	0,000	0,000	0,019	0,019	-0,005
115	5,59	1,99	1,721	0,688	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
116	9,25	3,04	2,225	1,112	1,000	0,142	0,000	2,630	3,065	-0,281
117	5,53	2,12	1,710	0,751	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
118	5,96	2,46	1,785	0,900	1,000	0,000	0,000	0,009	0,009	-0,003
119	3,29	2,93	1,191	1,075	0,442	0,066	4,621	1,509	-8,291	-0,362
120	6,83	2,54	1,921	0,932	1,000	0,001	0,000	0,030	0,030	-0,008
121	4,59	3,13	1,524	1,141	1,000	0,233	0,004	3,578	4,658	-0,293
122	7,64	1,92	2,033	0,652	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
123	8,52	3,65	2,142	1,295	1,000	0,858	0,000	2,637	18,511	1,691
124	12,42	2,65	2,519	0,975	1,000	0,004	0,000	0,129	0,129	-0,030
125	7,01	2,25	1,947	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
126	8,24	3,19	2,109	1,160	1,000	0,306	0,000	4,106	5,914	-0,257
127	4,17	1,98	1,428	0,683	0,996	0,000	0,147	0,000	-0,148	-0,033
128	11,20	2,85	2,416	1,047	1,000	0,034	0,000	0,879	0,910	-0,142
129	8,74	2,51	2,168	0,920	1,000	0,000	0,000	0,019	0,019	-0,005
130	4,28	1,96	1,454	0,673	0,998	0,000	0,063	0,000	-0,063	-0,016
131	3,64	2,26	1,292	0,815	0,850	0,000	2,728	0,000	-3,208	-0,284
132	10,70	3,09	2,370	1,128	1,000	0,189	0,000	3,169	3,909	-0,294
133	8,82	2,65	2,177	0,975	1,000	0,004	0,000	0,129	0,129	-0,030
134	7,16	2,36	1,969	0,859	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
135	3,94	2,05	1,371	0,718	0,975	0,000	0,678	0,000	-0,695	-0,117
136	4,28	2,30	1,454	0,833	0,998	0,000	0,063	0,000	-0,063	-0,016
137	3,79	2,85	1,332	1,047	0,934	0,034	1,494	0,879	-0,682	-0,366
138	6,37	2,72	1,852	1,001	1,000	0,009	0,000	0,279	0,281	-0,057
139	8,21	2,89	2,105	1,061	1,000	0,048	0,000	1,169	1,228	-0,175
140	3,11	2,78	1,135	1,022	0,210	0,017	3,378	0,495	-14,914	0,738
141	3,97	1,93	1,379	0,658	0,980	0,000	0,567	0,000	-0,579	-0,102
142	9,42	1,94	2,243	0,663	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
143	3,64	1,91	1,292	0,647	0,850	0,000	2,728	0,000	-3,208	-0,284
144	6,55	2,75	1,879	1,012	1,000	0,012	0,000	0,375	0,380	-0,073
145	6,92	1,83	1,934	0,604	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
146	5,46	3,63	1,697	1,289	1,000	0,843	0,000	2,819	17,904	1,537

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	F(a <sub>i</sub> )	F(r <sub>i</sub> )	f(a <sub>i</sub> )	f(r <sub>i</sub> )	$\sum_{i=1}^{199} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{199} \frac{f_i - \beta f(r_i) - (a_i - \beta a_i) f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
147	7,70	1,38	2,041	0,322	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
148	4,62	3,86	1,530	1,351	1,000	0,958	0,003	1,056	24,922	3,657
149	6,12	3,26	1,812	1,182	1,000	0,400	0,000	4,523	7,537	-0,163
150	4,76	4,02	1,560	1,391	1,000	0,986	0,001	0,415	29,851	5,599
151	5,98	3,91	1,788	1,364	1,000	0,970	0,000	0,805	26,497	4,243
152	7,15	1,95	1,967	0,668	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
153	7,67	2,76	2,037	1,015	1,000	0,014	0,000	0,412	0,418	-0,079
154	5,76	1,85	1,751	0,615	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
155	9,07	2,61	2,205	0,959	1,000	0,002	0,000	0,079	0,079	-0,019
156	3,44	3,00	1,235	1,099	0,646	0,110	4,353	2,201	-4,012	-0,690
157	4,24	2,05	1,445	0,718	0,998	0,000	0,087	0,000	-0,087	-0,021
158	8,57	1,83	2,148	0,604	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
159	5,10	2,86	1,629	1,051	1,000	0,037	0,000	0,947	0,983	-0,150
160	3,94	1,94	1,371	0,663	0,975	0,000	0,678	0,000	-0,695	-0,117
161	5,45	1,49	1,696	0,399	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
162	3,26	1,56	1,182	0,445	0,400	0,000	4,523	0,000	-11,312	0,245
163	9,57	2,50	2,259	0,916	1,000	0,000	0,000	0,016	0,016	-0,005
164	6,13	2,13	1,813	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
165	5,38	1,36	1,683	0,307	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
166	6,13	3,31	1,813	1,197	1,000	0,470	0,000	4,658	8,787	-0,057
167	3,71	3,02	1,311	1,105	0,896	0,125	2,111	2,414	0,392	-0,602
168	4,22	2,81	1,440	1,033	0,997	0,023	0,101	0,641	0,554	-0,137
169	3,51	1,84	1,256	0,610	0,730	0,000	3,875	0,000	-5,311	-0,277
170	4,73	2,88	1,554	1,058	1,000	0,044	0,001	1,092	1,141	-0,167
171	7,57	3,37	2,024	1,215	1,000	0,554	0,000	4,629	10,370	0,119
172	4,68	1,75	1,543	0,560	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,002	-0,001
173	5,84	2,05	1,765	0,718	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
174	11,15	3,65	2,411	1,295	1,000	0,858	0,000	2,637	18,511	1,691
175	3,92	3,28	1,366	1,188	0,972	0,428	0,761	4,594	7,048	-0,359
176	3,27	1,60	1,185	0,470	0,414	0,000	4,562	0,000	-11,025	0,205
177	8,10	2,66	2,092	0,978	1,000	0,004	0,000	0,145	0,146	-0,033
178	4,34	1,94	1,468	0,663	0,999	0,000	0,039	0,000	-0,039	-0,010
179	3,77	1,40	1,327	0,336	0,926	0,000	1,637	0,000	-1,768	-0,219
180	18,65	2,71	2,926	0,997	1,000	0,008	0,000	0,252	0,254	-0,052
181	6,45	1,92	1,864	0,652	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
182	7,98	1,52	2,077	0,419	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
183	4,58	2,54	1,522	0,932	1,000	0,001	0,005	0,030	0,026	-0,010
184	3,42	1,44	1,230	0,365	0,621	0,000	4,456	0,000	-7,179	-0,188
185	5,43	3,10	1,692	1,131	1,000	0,200	0,000	3,274	4,091	-0,295
186	5,45	1,80	1,696	0,588	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
187	6,39	2,05	1,855	0,718	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
188	5,28	2,25	1,664	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
189	3,83	1,47	1,343	0,385	0,949	0,000	1,231	0,000	-1,298	-0,181
190	4,18	1,78	1,430	0,577	0,996	0,000	0,137	0,000	-0,138	-0,031
191	8,85	1,77	2,180	0,571	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
192	5,37	1,41	1,681	0,344	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
193	3,29	1,96	1,191	0,673	0,442	0,000	4,621	0,000	-10,461	0,131
194	4,27	2,02	1,452	0,703	0,998	0,000	0,068	0,000	-0,069	-0,017
195	3,56	3,04	1,270	1,112	0,781	0,142	3,454	2,630	-1,288	-0,735
196	4,44	3,31	1,491	1,197	1,000	0,470	0,016	4,658	8,762	-0,066
197	14,08	1,89	2,645	0,637	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
198	3,64	1,90	1,292	0,642	0,850	0,000	2,728	0,000	-3,208	-0,284
199	5,37	3,05	1,681	1,115	1,000	0,151	0,000	2,739	3,225	-0,285
200	5,81	1,69	1,760	0,525	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
201	12,51	2,15	2,527	0,765	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
202	11,81	2,51	2,469	0,920	1,000	0,000	0,000	0,019	0,019	-0,005
203	6,62	2,47	1,890	0,904	1,000	0,000	0,000	0,010	0,010	-0,003
204	4,45	1,62	1,493	0,482	1,000	0,000	0,015	0,000	-0,015	-0,004
205	9,52	2,42	2,253	0,884	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,001
206	3,69	2,16	1,306	0,770	0,884	0,000	2,282	0,000	-2,580	-0,264
207	3,76	1,94	1,324	0,663	0,922	0,000	1,712	0,000	-1,857	-0,225
208	4,03	1,92	1,394	0,652	0,987	0,000	0,390	0,000	-0,395	-0,075
209	5,36	2,71	1,679	0,997	1,000	0,008	0,000	0,252	0,254	-0,052
210	7,78	2,98	2,052	1,092	1,000	0,096	0,000	1,993	2,204	-0,246
211	5,60	2,92	1,723	1,072	1,000	0,061	0,000	1,420	1,512	-0,199
212	14,07	2,46	2,644	0,900	1,000	0,000	0,000	0,009	0,009	-0,003
213	4,17	2,48	1,428	0,908	0,996	0,000	0,147	0,012	-0,136	-0,037
214	4,39	3,38	1,479	1,218	0,999	0,567	0,025	4,604	10,598	0,138
215	5,93	2,42	1,780	0,884	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,001
216	5,67	2,23	1,735	0,802	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
217	12,75	1,72	2,546	0,542	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
218	6,00	2,49	1,792	0,912	1,000	0,000	0,000	0,014	0,014	-0,004
219	8,94	2,58	2,191	0,948	1,000	0,001	0,000	0,053	0,053	-0,014

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz.})$	F(a <sub>i</sub> )	F(r <sub>i</sub> )	f(a <sub>i</sub> )	f(r <sub>i</sub> )	$\sum_{i=1}^{299} \frac{f(r_i) - F(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{299} \frac{r_i - \beta(f(r_i) - a_i - \beta(f(a_i)))}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
220	4,88	2,12	1,585	0,751	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
221	3,18	1,52	1,157	0,419	0,293	0,000	4,027	0,000	-13,745	0,639
222	5,31	1,90	1,670	0,642	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
223	4,82	2,48	1,573	0,908	1,000	0,000	0,000	0,012	0,012	-0,004
224	3,64	2,90	1,292	1,065	0,850	0,052	2,728	1,250	-1,852	-0,520
225	3,41	1,91	1,227	0,647	0,608	0,000	4,500	0,000	-7,407	-0,173
226	6,75	3,02	1,910	1,105	1,000	0,125	0,000	2,414	2,759	-0,271
227	4,14	1,56	1,421	0,445	0,995	0,000	0,184	0,000	-0,185	-0,040
228	7,54	2,91	2,020	1,068	1,000	0,057	0,000	1,333	1,413	-0,191
229	3,83	1,48	1,343	0,392	0,949	0,000	1,231	0,000	-1,298	-0,181
230	6,28	3,08	1,837	1,125	1,000	0,179	0,000	3,063	3,731	-0,293
231	4,81	2,48	1,571	0,908	1,000	0,000	0,000	0,012	0,011	-0,004
232	5,12	2,52	1,633	0,924	1,000	0,001	0,000	0,022	0,022	-0,006
233	8,38	2,67	2,126	0,982	1,000	0,005	0,000	0,163	0,163	-0,036
234	3,52	1,84	1,258	0,610	0,740	0,000	3,795	0,000	-5,125	-0,282
235	12,00	1,97	2,485	0,678	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
236	6,18	3,02	1,821	1,105	1,000	0,125	0,000	2,414	2,759	-0,271
237	4,27	2,05	1,452	0,718	0,998	0,000	0,068	0,000	-0,069	-0,017
238	5,16	1,77	1,641	0,571	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
239	6,25	2,35	1,833	0,854	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
240	3,88	3,06	1,356	1,118	0,963	0,160	0,950	2,847	2,363	-0,482
241	7,26	2,45	1,982	0,896	1,000	0,000	0,000	0,007	0,007	-0,002
242	7,14	2,05	1,966	0,718	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
243	3,46	2,58	1,241	0,948	0,671	0,001	4,234	0,053	-6,241	-0,260
244	3,25	1,76	1,179	0,565	0,386	0,000	4,479	0,000	-11,603	0,287
245	3,54	1,94	1,264	0,663	0,761	0,000	3,628	0,000	-4,764	-0,289
246	3,39	2,19	1,221	0,784	0,581	0,000	4,575	0,000	-7,876	-0,137
247	12,87	2,40	2,555	0,875	1,000	0,000	0,000	0,003	0,003	-0,001
248	3,16	2,28	1,151	0,824	0,268	0,000	3,858	0,000	-14,388	0,760
249	3,38	2,29	1,218	0,829	0,567	0,000	4,604	0,000	-8,116	-0,118
250	7,69	2,13	2,040	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
251	6,03	2,26	1,797	0,815	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
252	8,68	2,84	2,161	1,044	1,000	0,031	0,000	0,815	0,841	-0,134
253	3,59	1,79	1,278	0,582	0,809	0,000	3,185	0,000	-3,935	-0,294
254	12,80	2,84	2,549	1,044	1,000	0,031	0,000	0,815	0,841	-0,134
255	4,88	2,81	1,585	1,033	1,000	0,023	0,000	0,641	0,656	-0,112
256	5,80	2,98	1,758	1,092	1,000	0,096	0,000	1,993	2,204	-0,246
257	12,75	1,99	2,546	0,688	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
258	4,02	2,76	1,391	1,015	0,986	0,014	0,415	0,412	-0,003	-0,160
259	12,98	3,09	2,563	1,128	1,000	0,189	0,000	3,169	3,909	-0,294
260	5,91	1,53	1,777	0,425	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
261	4,19	2,39	1,433	0,871	0,996	0,000	0,127	0,002	-0,125	-0,030
262	10,40	2,70	2,342	0,993	1,000	0,007	0,000	0,226	0,228	-0,048
263	4,48	1,68	1,500	0,519	1,000	0,000	0,011	0,000	-0,011	-0,003
264	5,30	1,79	1,668	0,582	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
265	6,48	2,82	1,869	1,037	1,000	0,026	0,000	0,696	0,714	-0,119
266	4,33	2,12	1,466	0,751	0,999	0,000	0,042	0,000	-0,042	-0,011
267	6,34	1,72	1,847	0,542	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
268	6,09	2,14	1,807	0,761	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
269	4,17	2,93	1,428	1,075	0,996	0,066	0,147	1,509	1,465	-0,244
270	3,45	2,29	1,238	0,829	0,659	0,000	4,295	0,000	-6,518	-0,228
271	5,98	2,42	1,788	0,884	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,001
272	3,87	2,05	1,353	0,718	0,960	0,000	1,002	0,000	-1,043	-0,156
273	9,93	2,39	2,296	0,871	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
274	3,62	3,00	1,286	1,099	0,835	0,110	2,910	2,201	-0,979	-0,652
275	12,72	2,75	2,543	1,012	1,000	0,012	0,000	0,375	0,380	-0,073
276	5,48	1,50	1,701	0,405	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
277	9,19	2,38	2,218	0,867	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
278	10,87	2,06	2,386	0,723	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
279	4,82	2,30	1,573	0,833	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
280	9,04	1,42	2,202	0,351	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
281	7,62	1,91	2,031	0,647	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
282	7,18	2,92	1,971	1,072	1,000	0,061	0,000	1,420	1,512	-0,199
283	5,23	1,97	1,654	0,678	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
284	4,44	3,08	1,491	1,125	1,000	0,179	0,016	3,063	3,713	-0,299
285	12,36	2,97	2,514	1,089	1,000	0,089	0,000	1,892	2,077	-0,239
286	4,45	1,63	1,493	0,489	1,000	0,000	0,015	0,000	-0,015	-0,004
287	7,37	3,04	1,997	1,112	1,000	0,142	0,000	2,630	3,065	-0,281
288	5,78	1,82	1,754	0,599	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
289	9,47	2,13	2,248	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
290	10,54	2,20	2,355	0,788	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
291	8,26	1,39	2,111	0,329	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
292	5,22	2,95	1,652	1,082	1,000	0,077	0,000	1,695	1,837	-0,223



N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i=\log(\text{int. aceptado})$	$r_i=\log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i)-f(a_i)}{F(a_i)-F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{(a_i - \beta)f(r_i) - (r_i - \beta)f(a_i)}{F(a_i)-F(r_i)} = 0$
293	5,22	1,48	1,652	0,392	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
294	5,32	2,05	1,671	0,718	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
295	3,87	1,63	1,353	0,489	0,960	0,000	1,002	0,000	-1,043	-0,156
296	5,81	1,80	1,760	0,588	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
297	9,25	1,99	2,225	0,688	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

media (ai,ri)	desv std (ai,ri)	Ecuación 1	Ecuación 2
1,203	0,085	0,000	0,000

$$E(t_c) = e^{\mu+0.5\sigma^2}$$

$$Var(t_c) = E(t_c)^2(e^{\sigma^2} - 1)$$

$t_c$	3,34
$var(t_c)$	0,08

Tabla A.3. Rotonda RRB 2c – 2e, Carril Izquierdo.

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i=\log(\text{int. aceptado})$	$r_i=\log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i)-f(a_i)}{F(a_i)-F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{(a_i - \beta)f(r_i) - (r_i - \beta)f(a_i)}{F(a_i)-F(r_i)} = 0$
1	3,93	2,48	1,369	0,908	0,937	0,000	1,353	0,010	-1,435	-0,206
2	5,46	1,95	1,697	0,668	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	4,86	2,58	1,581	0,948	1,000	0,001	0,003	0,040	0,037	-0,012
4	4,10	2,95	1,411	1,082	0,977	0,055	0,600	1,206	0,658	-0,311
5	4,75	2,51	1,558	0,920	1,000	0,000	0,007	0,015	0,008	-0,007
6	9,09	2,66	2,207	0,978	1,000	0,003	0,000	0,104	0,105	-0,026
7	7,23	2,13	1,978	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	8,11	2,33	2,093	0,846	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
9	3,41	1,84	1,227	0,610	0,492	0,000	4,354	0,000	-8,853	0,017
10	3,60	2,85	1,281	1,047	0,716	0,024	3,699	0,615	-4,456	-0,441
11	4,95	1,96	1,599	0,673	1,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000
12	5,34	3,09	1,675	1,128	1,000	0,136	0,000	2,388	2,766	-0,278
13	3,59	2,66	1,278	0,978	0,706	0,003	3,762	0,104	-5,206	-0,303
14	5,70	2,79	1,740	1,026	1,000	0,014	0,000	0,378	0,383	-0,078
15	3,41	2,12	1,227	0,751	0,492	0,000	4,354	0,000	-8,853	0,017
16	5,84	2,95	1,765	1,082	1,000	0,055	0,000	1,206	1,276	-0,187
17	4,63	2,05	1,533	0,718	1,000	0,000	0,018	0,000	-0,018	-0,005
18	3,75	2,53	1,322	0,928	0,845	0,001	2,596	0,020	-3,049	-0,293
19	5,97	2,31	1,787	0,837	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20	6,70	2,45	1,902	0,896	1,000	0,000	0,000	0,006	0,006	-0,002
21	5,51	2,28	1,707	0,824	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22	4,98	3,64	1,605	1,292	1,000	0,756	0,001	3,428	14,019	0,888
23	9,54	2,58	2,255	0,948	1,000	0,001	0,000	0,040	0,040	-0,011
24	3,81	2,04	1,338	0,713	0,883	0,000	2,144	0,000	-2,428	-0,265
25	8,97	2,86	2,194	1,051	1,000	0,026	0,000	0,663	0,680	-0,121
26	10,44	3,18	2,346	1,157	1,000	0,217	0,000	3,206	4,094	-0,294
27	3,90	1,89	1,361	0,637	0,926	0,000	1,533	0,000	-1,655	-0,219
28	3,79	1,98	1,332	0,683	0,871	0,000	2,292	0,000	-2,631	-0,273
29	4,85	3,52	1,579	1,258	1,000	0,628	0,003	4,130	11,090	0,329
30	4,23	2,61	1,442	0,959	0,990	0,002	0,287	0,058	-0,232	-0,078
31	4,54	1,98	1,513	0,683	0,999	0,000	0,035	0,000	-0,035	-0,010
32	3,67	1,92	1,300	0,652	0,783	0,000	3,209	0,000	-4,099	-0,293
33	7,55	3,21	2,022	1,167	1,000	0,250	0,000	3,471	4,631	-0,286
34	4,21	2,14	1,437	0,761	0,989	0,000	0,324	0,000	-0,327	-0,068
35	3,59	2,20	1,278	0,788	0,706	0,000	3,762	0,000	-5,330	-0,264
36	4,18	3,35	1,430	1,209	0,986	0,415	0,385	4,256	6,779	-0,282
37	10,19	2,75	2,321	1,012	1,000	0,009	0,000	0,263	0,266	-0,058
38	3,70	2,15	1,308	0,765	0,808	0,000	2,981	0,000	-3,690	-0,294
39	5,28	2,14	1,664	0,761	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40	7,60	4,15	2,028	1,423	1,000	0,983	0,000	0,457	27,106	5,273
41	10,86	2,45	2,385	0,896	1,000	0,000	0,000	0,006	0,006	-0,002
42	8,12	2,69	2,094	0,990	1,000	0,005	0,000	0,145	0,145	-0,035
43	4,83	3,19	1,575	1,160	1,000	0,227	0,003	3,291	4,254	-0,294
44	4,24	3,43	1,445	1,233	0,991	0,517	0,270	4,351	8,618	-0,087
45	7,08	2,14	1,957	0,761	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
46	3,81	3,02	1,338	1,105	0,883	0,089	2,144	1,759	-0,485	-0,568
47	6,61	2,76	1,889	1,015	1,000	0,010	0,000	0,289	0,292	-0,062
48	13,81	3,35	2,625	1,209	1,000	0,415	0,000	4,256	7,278	-0,143
49	3,51	2,69	1,256	0,990	0,616	0,005	4,170	0,145	-6,582	-0,241
50	5,77	3,21	1,753	1,166	1,000	0,248	0,000	3,455	4,596	-0,286
51	4,73	2,47	1,554	0,904	1,000	0,000	0,008	0,008	0,000	-0,005
52	5,54	2,15	1,712	0,765	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
53	4,83	3,09	1,575	1,128	1,000	0,136	0,003	2,388	2,762	-0,279
54	4,14	2,22	1,421	0,798	0,982	0,000	0,483	0,000	-0,492	-0,095
55	12,85	2,47	2,553	0,904	1,000	0,000	0,000	0,008	0,008	-0,003
56	4,65	2,49	1,537	0,912	1,000	0,000	0,015	0,011	-0,004	-0,008
57	9,12	2,44	2,210	0,892	1,000	0,000	0,000	0,005	0,005	-0,002
58	3,89	2,65	1,358	0,975	0,922	0,003	1,595	0,093	-1,635	-0,251
59	6,20	3,80	1,825	1,335	1,000	0,877	0,000	2,218	18,079	1,924
60	3,62	3,33	1,286	1,203	0,736	0,390	3,567	4,188	1,794	-0,906

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{may or int. rechaz.})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{(r_i - \beta)f(r_i) - (a_i - \beta)f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
61	5,50	2,73	1,705	1,004	1,000	0,007	0,000	0,217	0,219	-0,049
62	6,61	2,16	1,889	0,770	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
63	4,53	2,60	1,511	0,956	0,999	0,001	0,038	0,051	0,013	-0,025
64	4,88	2,24	1,585	0,806	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,002	-0,001
65	4,61	2,63	1,528	0,967	0,999	0,002	0,021	0,074	0,053	-0,026
66	4,35	2,75	1,470	1,012	0,996	0,009	0,134	0,263	0,131	-0,091
67	5,80	2,39	1,758	0,871	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
68	6,09	2,50	1,807	0,916	1,000	0,000	0,000	0,013	0,013	-0,004
69	6,02	2,29	1,795	0,829	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
70	4,89	1,83	1,587	0,604	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,002	-0,001
71	5,13	2,27	1,635	0,820	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
72	3,43	2,35	1,233	0,854	0,517	0,000	4,351	0,001	-8,409	-0,034
73	3,98	2,23	1,381	0,802	0,952	0,000	1,086	0,000	-1,140	-0,174
74	7,09	3,19	1,959	1,160	1,000	0,227	0,000	3,291	4,258	-0,292
75	6,93	2,99	1,936	1,095	1,000	0,073	0,000	1,510	1,629	-0,217
76	7,58	3,12	2,026	1,138	1,000	0,161	0,000	2,666	3,177	-0,288
77	5,88	2,63	1,772	0,967	1,000	0,002	0,000	0,074	0,074	-0,019
78	6,69	2,28	1,901	0,824	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
79	8,93	3,10	2,189	1,131	1,000	0,144	0,000	2,481	2,899	-0,282
80	8,67	2,17	2,160	0,775	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
81	7,94	2,22	2,072	0,798	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
82	11,35	3,57	2,429	1,273	1,000	0,684	0,000	3,881	12,298	0,541
83	7,39	2,08	2,000	0,732	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
84	3,92	2,69	1,366	0,990	0,933	0,005	1,412	0,145	-1,364	-0,246
85	6,35	3,43	1,848	1,233	1,000	0,517	0,000	4,351	9,014	0,036
86	3,33	2,06	1,203	0,723	0,390	0,000	4,188	0,000	-10,742	0,275
87	4,34	3,42	1,468	1,230	0,996	0,505	0,144	4,355	8,578	-0,061
88	10,18	2,11	2,320	0,747	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
89	7,36	1,85	1,996	0,615	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
90	5,77	2,79	1,753	1,026	1,000	0,014	0,000	0,378	0,383	-0,078
91	10,22	2,50	2,324	0,916	1,000	0,000	0,000	0,013	0,013	-0,004
92	7,27	2,49	1,984	0,912	1,000	0,000	0,000	0,011	0,011	-0,004
93	8,35	2,25	2,122	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
94	5,17	1,98	1,643	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
95	4,78	1,88	1,564	0,631	1,000	0,000	0,005	0,000	-0,005	-0,002
96	5,86	2,94	1,768	1,078	1,000	0,051	0,000	1,136	1,196	-0,180
97	3,47	2,80	1,244	1,030	0,567	0,015	4,293	0,412	-7,024	-0,269
98	8,36	3,07	2,123	1,122	1,000	0,122	0,000	2,204	2,509	-0,268
99	4,55	2,24	1,515	0,806	0,999	0,000	0,033	0,000	-0,033	-0,009
100	4,86	3,34	1,581	1,206	1,000	0,402	0,003	4,224	7,066	-0,161
101	13,03	2,28	2,567	0,824	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
102	3,66	2,60	1,297	0,956	0,774	0,001	3,283	0,051	-4,183	-0,311
103	8,40	2,85	2,128	1,047	1,000	0,024	0,000	0,615	0,630	-0,114
104	3,34	1,92	1,206	0,652	0,402	0,000	4,224	0,000	-10,495	0,237
105	8,41	2,39	2,129	0,871	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
106	4,27	2,34	1,452	0,850	0,993	0,000	0,225	0,001	-0,226	-0,051
107	4,11	2,70	1,413	0,993	0,978	0,005	0,569	0,161	-0,419	-0,147
108	6,03	2,25	1,797	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
109	4,97	3,17	1,603	1,154	1,000	0,207	0,001	3,119	3,931	-0,295
110	4,89	2,85	1,587	1,047	1,000	0,024	0,002	0,615	0,628	-0,115
111	4,55	2,03	1,515	0,708	0,999	0,000	0,033	0,000	-0,033	-0,009
112	7,38	1,85	1,999	0,615	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
113	4,52	1,79	1,509	0,582	0,999	0,000	0,041	0,000	-0,041	-0,011
114	4,81	2,00	1,571	0,693	1,000	0,000	0,004	0,000	-0,004	-0,001
115	5,20	1,93	1,649	0,658	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
116	3,49	2,06	1,250	0,723	0,592	0,000	4,239	0,000	-7,160	-0,153
117	4,68	2,11	1,543	0,747	1,000	0,000	0,012	0,000	-0,012	-0,004
118	5,65	1,87	1,732	0,626	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
119	13,72	2,75	2,619	1,012	1,000	0,009	0,000	0,263	0,266	-0,058
120	4,29	2,40	1,456	0,875	0,994	0,000	0,198	0,003	-0,197	-0,046
121	8,44	3,09	2,133	1,128	1,000	0,136	0,000	2,388	2,766	-0,278
122	7,56	2,60	2,023	0,956	1,000	0,001	0,000	0,051	0,051	-0,014
123	8,96	3,24	2,193	1,176	1,000	0,281	0,000	3,684	5,126	-0,272
124	5,89	2,72	1,773	1,001	1,000	0,006	0,000	0,197	0,198	-0,045
125	5,93	1,92	1,780	0,652	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
126	4,23	2,37	1,442	0,863	0,990	0,000	0,287	0,002	-0,289	-0,063
127	6,83	2,16	1,921	0,770	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
128	4,92	3,52	1,593	1,258	1,000	0,628	0,002	4,130	11,093	0,330
129	3,62	1,84	1,286	0,610	0,736	0,000	3,567	0,000	-4,844	-0,280
130	3,73	2,03	1,316	0,708	0,831	0,000	2,751	0,000	-3,309	-0,291
131	6,90	2,86	1,932	1,051	1,000	0,026	0,000	0,663	0,680	-0,121
132	10,19	2,18	2,321	0,779	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
133	4,97	2,97	1,603	1,089	1,000	0,063	0,001	1,354	1,444	-0,203

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f_i - \hat{p}(r_i) - [a_i - \hat{p}(a_i)]}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
134	4,10	1,86	1,411	0,621	0,977	0,000	0,600	0,000	-0,614	-0,112
135	3,25	2,30	1,179	0,833	0,293	0,000	3,754	0,000	-12,817	0,640
136	5,86	3,18	1,768	1,157	1,000	0,217	0,000	3,206	4,094	-0,294
137	4,52	1,88	1,509	0,631	0,999	0,000	0,041	0,000	-0,041	-0,011
138	5,34	2,38	1,675	0,867	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
139	6,14	1,93	1,815	0,658	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
140	3,79	3,06	1,332	1,118	0,871	0,115	2,292	2,113	-0,237	-0,622
141	4,85	2,55	1,579	0,936	1,000	0,001	0,003	0,027	0,024	-0,009
142	11,48	2,51	2,441	0,920	1,000	0,000	0,000	0,015	0,015	-0,005
143	3,66	1,95	1,297	0,668	0,774	0,000	3,283	0,000	-4,242	-0,292
144	4,18	2,00	1,430	0,693	0,986	0,000	0,385	0,000	-0,391	-0,079
145	12,38	3,08	2,516	1,125	1,000	0,129	0,000	2,296	2,636	-0,273
146	4,86	1,98	1,581	0,683	1,000	0,000	0,003	0,000	-0,003	-0,001
147	11,60	2,53	2,451	0,928	1,000	0,001	0,000	0,020	0,020	-0,006
148	4,72	1,63	1,552	0,489	1,000	0,000	0,009	0,000	-0,009	-0,003
149	4,97	1,59	1,603	0,464	1,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000
150	3,32	2,10	1,200	0,742	0,377	0,000	4,148	0,000	-10,991	0,315
151	7,75	2,19	2,048	0,784	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
152	3,22	1,90	1,169	0,642	0,259	0,000	3,534	0,000	-13,644	0,808
153	3,42	2,43	1,230	0,888	0,505	0,000	4,355	0,004	-8,624	-0,012
154	6,10	2,75	1,808	1,012	1,000	0,009	0,000	0,263	0,266	-0,058
155	5,67	2,01	1,735	0,698	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
156	8,27	2,98	2,113	1,092	1,000	0,068	0,000	1,431	1,535	-0,210
157	6,94	2,08	1,937	0,732	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
158	8,44	2,24	2,133	0,806	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
159	5,63	2,82	1,728	1,037	1,000	0,018	0,000	0,486	0,495	-0,095
160	3,29	2,00	1,191	0,693	0,340	0,000	4,001	0,000	-11,757	0,443
161	6,85	2,10	1,924	0,742	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
162	7,06	3,01	1,954	1,102	1,000	0,083	0,000	1,675	1,827	-0,231
163	4,85	2,56	1,579	0,940	1,000	0,001	0,003	0,030	0,028	-0,010
164	14,82	3,27	2,696	1,185	1,000	0,316	0,000	3,885	5,682	-0,249
165	5,38	3,44	1,683	1,235	1,000	0,530	0,000	4,343	9,239	0,064
166	4,57	2,20	1,520	0,788	0,999	0,000	0,028	0,000	-0,028	-0,008
167	5,38	2,45	1,683	0,896	1,000	0,000	0,000	0,006	0,006	-0,002
168	6,01	2,70	1,793	0,993	1,000	0,005	0,000	0,161	0,161	-0,038
169	2,98	1,72	1,092	0,542	0,068	0,000	1,431	0,000	-21,088	2,882
170	3,18	2,65	1,157	0,975	0,217	0,003	3,206	0,093	-14,538	0,963
171	4,51	3,30	1,506	1,194	0,999	0,353	0,044	4,054	6,206	-0,236
172	3,21	2,90	1,166	1,065	0,248	0,037	3,455	0,879	-12,190	0,337
173	7,35	2,23	1,995	0,802	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
174	3,81	2,06	1,338	0,723	0,883	0,000	2,144	0,000	-2,428	-0,265
175	6,18	3,19	1,821	1,160	1,000	0,227	0,000	3,291	4,258	-0,292
176	8,94	2,30	2,191	0,833	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
177	7,09	1,93	1,959	0,658	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
178	4,57	1,89	1,520	0,637	0,999	0,000	0,028	0,000	-0,028	-0,008
179	6,82	2,52	1,920	0,924	1,000	0,000	0,000	0,017	0,017	-0,005
180	5,98	2,68	1,788	0,986	1,000	0,004	0,000	0,130	0,130	-0,032
181	6,24	3,47	1,831	1,244	1,000	0,567	0,000	4,293	9,925	0,155
182	9,45	2,49	2,246	0,912	1,000	0,000	0,000	0,011	0,011	-0,004
183	3,54	1,88	1,264	0,631	0,651	0,000	4,039	0,000	-6,205	-0,221
184	4,88	3,13	1,585	1,141	1,000	0,170	0,002	2,758	3,319	-0,292
185	5,66	3,30	1,733	1,194	1,000	0,353	0,000	4,054	6,262	-0,217
186	6,14	2,63	1,815	0,967	1,000	0,002	0,000	0,074	0,074	-0,019
187	5,19	2,16	1,647	0,770	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
188	4,39	2,51	1,479	0,920	0,997	0,000	0,103	0,015	-0,088	-0,031
189	6,73	2,06	1,907	0,723	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
190	13,05	2,25	2,569	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
191	6,79	2,80	1,915	1,030	1,000	0,015	0,000	0,412	0,418	-0,083
192	6,88	2,25	1,929	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
193	6,52	2,73	1,875	1,004	1,000	0,007	0,000	0,217	0,219	-0,049
194	11,19	2,41	2,415	0,880	1,000	0,000	0,000	0,003	0,003	-0,001
195	3,63	3,02	1,289	1,105	0,746	0,089	3,498	1,759	-2,646	-0,653
196	10,04	3,41	2,307	1,227	1,000	0,492	0,000	4,354	8,568	-0,016
197	4,21	2,46	1,437	0,900	0,989	0,000	0,324	0,007	-0,320	-0,071
198	3,99	2,50	1,384	0,916	0,955	0,000	1,037	0,013	-1,072	-0,173
199	5,29	2,32	1,666	0,842	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
200	8,38	1,64	2,126	0,495	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
201	3,85	3,28	1,348	1,188	0,904	0,328	1,860	3,945	3,621	-0,665
202	6,89	3,31	1,930	1,197	1,000	0,365	0,000	4,103	6,460	-0,204
203	5,29	2,58	1,666	0,948	1,000	0,001	0,000	0,040	0,040	-0,011
204	4,85	2,13	1,579	0,756	1,000	0,000	0,003	0,000	-0,003	-0,001
205	5,86	1,99	1,768	0,688	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
206	9,83	2,09	2,285	0,737	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{(r_i - \mu) f(r_i) - (a_i - \mu) f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
207	6,80	2,77	1,917	1,019	1,000	0,011	0,000	0,317	0,320	-0,067
208	3,51	2,22	1,256	0,798	0,616	0,000	4,170	0,000	-6,768	-0,183
209	4,65	2,00	1,537	0,693	1,000	0,000	0,015	0,000	-0,015	-0,005
210	6,26	2,91	1,834	1,068	1,000	0,040	0,000	0,940	0,979	-0,157
211	10,90	2,09	2,389	0,737	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
212	10,29	2,24	2,331	0,806	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
213	5,52	3,16	1,708	1,151	1,000	0,197	0,000	3,030	3,775	-0,294
214	7,34	2,63	1,993	0,967	1,000	0,002	0,000	0,074	0,074	-0,019
215	6,80	3,10	1,917	1,131	1,000	0,144	0,000	2,481	2,899	-0,282
216	4,80	3,60	1,569	1,281	1,000	0,716	0,004	3,699	13,021	0,677
217	12,16	2,95	2,498	1,082	1,000	0,055	0,000	1,206	1,276	-0,187
218	3,15	2,53	1,147	0,928	0,188	0,001	2,941	0,020	-15,599	1,243
219	5,02	2,15	1,613	0,765	1,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000
220	4,19	2,08	1,433	0,732	0,987	0,000	0,364	0,000	-0,369	-0,075
221	8,60	2,52	2,152	0,924	1,000	0,000	0,000	0,017	0,017	-0,005
222	3,80	2,29	1,335	0,829	0,877	0,000	2,218	0,000	-2,528	-0,269
223	8,10	2,49	2,092	0,912	1,000	0,000	0,000	0,011	0,011	-0,004
224	3,40	3,00	1,224	1,099	0,479	0,078	4,349	1,592	-6,875	-0,464
225	9,62	1,95	2,264	0,668	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
226	8,24	2,43	2,109	0,888	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,001
227	10,15	2,59	2,317	0,952	1,000	0,001	0,000	0,045	0,045	-0,013
228	5,96	1,99	1,785	0,688	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
229	3,78	2,23	1,330	0,802	0,865	0,000	2,368	0,000	-2,736	-0,277
230	11,61	2,05	2,452	0,718	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
231	5,17	2,62	1,643	0,963	1,000	0,002	0,000	0,065	0,065	-0,017
232	10,22	2,65	2,324	0,975	1,000	0,003	0,000	0,093	0,093	-0,024
233	3,77	2,35	1,327	0,854	0,859	0,000	2,443	0,001	-2,844	-0,281
234	5,35	2,33	1,677	0,846	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
235	5,66	2,28	1,733	0,824	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
236	9,39	2,38	2,240	0,867	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
237	13,73	2,72	2,620	1,001	1,000	0,006	0,000	0,197	0,198	-0,045
238	8,80	2,50	2,175	0,916	1,000	0,000	0,000	0,013	0,013	-0,004
239	5,26	2,57	1,660	0,944	1,000	0,001	0,000	0,035	0,035	-0,010
240	6,03	2,35	1,797	0,854	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
241	7,68	2,09	2,039	0,737	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
242	8,59	3,33	2,151	1,203	1,000	0,390	0,000	4,188	6,864	-0,176
243	7,15	1,98	1,967	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
244	12,43	2,14	2,520	0,761	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
245	6,20	1,95	1,825	0,668	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
246	9,50	2,38	2,251	0,867	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
247	3,23	2,80	1,172	1,030	0,270	0,015	3,610	0,412	-12,534	0,473
248	9,37	2,18	2,238	0,779	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
249	3,85	2,74	1,348	1,008	0,904	0,008	1,860	0,240	-1,809	-0,307
250	10,28	2,50	2,330	0,916	1,000	0,000	0,000	0,013	0,013	-0,004
251	10,33	2,86	2,335	1,051	1,000	0,026	0,000	0,663	0,680	-0,121
252	3,29	1,97	1,191	0,678	0,340	0,000	4,001	0,000	-11,757	0,443
253	4,75	2,08	1,558	0,732	1,000	0,000	0,007	0,000	-0,007	-0,002
254	6,40	2,83	1,856	1,040	1,000	0,020	0,000	0,526	0,537	-0,101
255	14,60	2,41	2,681	0,880	1,000	0,000	0,000	0,003	0,003	-0,001
256	8,78	2,33	2,172	0,846	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
257	3,58	2,06	1,275	0,723	0,695	0,000	3,823	0,000	-5,499	-0,257
258	9,83	2,42	2,285	0,884	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,001
259	7,72	3,09	2,044	1,128	1,000	0,136	0,000	2,388	2,766	-0,278
260	3,30	2,79	1,194	1,026	0,353	0,014	4,054	0,378	-10,843	0,189
261	9,70	2,14	2,272	0,761	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
262	5,09	2,42	1,627	0,884	1,000	0,000	0,000	0,004	0,003	-0,001
263	11,24	3,23	2,419	1,172	1,000	0,270	0,000	3,610	4,946	-0,278
264	6,29	2,79	1,839	1,026	1,000	0,014	0,000	0,378	0,383	-0,078
265	10,58	2,95	2,359	1,082	1,000	0,055	0,000	1,206	1,276	-0,187
266	4,50	3,11	1,504	1,135	0,999	0,153	0,047	2,573	2,985	-0,301
267	3,83	2,19	1,343	0,784	0,894	0,000	2,000	0,000	-2,237	-0,256
268	8,50	1,85	2,140	0,615	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
269	6,36	2,63	1,850	0,967	1,000	0,002	0,000	0,074	0,074	-0,019
270	11,65	2,62	2,455	0,963	1,000	0,002	0,000	0,065	0,066	-0,017
271	5,29	2,60	1,666	0,956	1,000	0,001	0,000	0,051	0,051	-0,014
272	7,54	2,25	2,020	0,811	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
273	11,47	2,24	2,440	0,806	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
274	6,10	2,37	1,808	0,863	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
275	8,43	2,23	2,132	0,802	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
276	11,35	3,42	2,429	1,230	1,000	0,505	0,000	4,355	8,790	0,009
277	11,26	4,04	2,421	1,396	1,000	0,966	0,000	0,816	24,276	4,070
278	8,16	2,77	2,099	1,019	1,000	0,011	0,000	0,317	0,320	-0,067
279	3,38	2,58	1,218	0,948	0,453	0,001	4,325	0,040	-9,474	0,078

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{t_c - \beta(f(r_i) - f(a_i) - \beta(f(a_i) - f(r_i)))}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
280	5,68	2,19	1,737	0,784	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
281	10,84	2,29	2,383	0,829	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
282	6,05	2,84	1,800	1,044	1,000	0,022	0,000	0,569	0,582	-0,108
283	4,20	2,30	1,435	0,833	0,988	0,000	0,343	0,000	-0,347	-0,072
284	3,09	2,26	1,128	0,815	0,136	0,000	2,388	0,000	-17,495	1,756
285	5,02	2,05	1,613	0,718	1,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000
286	6,77	2,53	1,913	0,928	1,000	0,001	0,000	0,020	0,020	-0,006

media (ai,ri)	desv std (ai,ri)	Ecuación 1	Ecuación 2
1,229	0,092	0,000	0,000

$$E(t_c) = e^{\mu + 0,5\sigma^2}$$

$$Var(t_c) = E(t_c)^2(e^{\sigma^2} - 1)$$

$t_c$	3,43
$var(t_c)$	0,10

**Tabla A.4. Rotonda RRB 2c – 2e, Carril Derecho.**

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{t_c - \beta(f(r_i) - f(a_i) - \beta(f(a_i) - f(r_i)))}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
1	3,42	2,54	1,230	0,932	0,980	0,000	1,304	0,000	-1,330	-0,102
2	4,07	1,43	1,404	0,358	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	5,01	2,03	1,611	0,708	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	5,18	1,79	1,645	0,582	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	4,44	2,39	1,491	0,871	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	3,39	2,15	1,221	0,765	0,965	0,000	2,060	0,000	-2,134	-0,144
7	7,78	2,22	2,052	0,798	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	4,53	2,07	1,511	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	4,74	1,81	1,556	0,593	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	3,58	1,97	1,275	0,678	0,999	0,000	0,049	0,000	-0,049	-0,006
11	3,47	1,87	1,244	0,626	0,993	0,000	0,543	0,000	-0,547	-0,050
12	3,61	2,47	1,284	0,904	1,000	0,000	0,023	0,000	-0,023	-0,003
13	5,00	2,48	1,609	0,908	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	11,11	3,38	2,408	1,218	1,000	0,959	0,000	2,372	57,510	3,720
15	3,43	2,39	1,233	0,871	0,983	0,000	1,107	0,000	-1,125	-0,089
16	4,94	2,09	1,597	0,737	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17	4,62	2,54	1,530	0,932	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18	6,48	3,08	1,869	1,125	1,000	0,224	0,000	8,031	10,348	-0,293
19	3,46	1,74	1,241	0,554	0,991	0,000	0,654	0,000	-0,660	-0,058
20	4,39	2,14	1,479	0,761	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21	6,26	1,42	1,834	0,351	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22	3,66	2,57	1,297	0,944	1,000	0,000	0,006	0,000	-0,006	-0,001
23	4,58	2,33	1,522	0,846	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24	4,75	1,98	1,558	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25	4,57	3,07	1,520	1,122	1,000	0,199	0,000	7,487	9,344	-0,295
26	4,97	2,16	1,603	0,770	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
27	5,98	3,05	1,788	1,115	1,000	0,153	0,000	6,355	7,507	-0,286
28	3,44	2,24	1,235	0,806	0,986	0,000	0,934	0,000	-0,947	-0,078
29	3,74	2,49	1,319	0,912	1,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000
30	6,63	1,93	1,892	0,658	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
31	5,09	2,45	1,627	0,896	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
32	4,31	2,09	1,461	0,737	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
33	7,93	2,66	2,071	0,978	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
34	7,71	2,71	2,043	0,997	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000
35	6,78	2,16	1,914	0,770	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
36	4,86	2,57	1,581	0,944	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
37	3,36	2,89	1,212	1,061	0,943	0,007	3,088	0,509	-2,756	-0,244
38	8,68	2,73	2,161	1,004	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,001
39	3,82	2,76	1,340	0,723	1,000	0,000	0,000	0,011	0,011	-0,002
40	5,51	1,67	1,707	0,513	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41	4,86	2,81	1,581	1,033	1,000	0,001	0,000	0,060	0,060	-0,007
42	5,26	1,57	1,660	0,451	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
43	3,27	2,30	1,185	0,833	0,802	0,000	7,475	0,000	-9,322	-0,295
44	3,70	2,42	1,308	0,884	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,002	0,000
45	6,12	1,90	1,812	0,642	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
46	3,76	2,06	1,324	0,723	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
47	6,48	2,34	1,869	0,850	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48	5,32	1,63	1,671	0,489	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49	3,40	1,78	1,224	0,577	0,971	0,000	1,779	0,000	-1,832	-0,129
50	4,10	2,35	1,411	0,854	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
51	4,21	2,00	1,437	0,693	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
52	3,38	2,42	1,218	0,884	0,959	0,000	2,372	0,000	-2,474	-0,160
53	3,35	2,33	1,209	0,846	0,933	0,000	3,492	0,000	-3,744	-0,209
54	3,23	3,01	1,172	1,102	0,698	0,084	9,367	4,155	-8,499	-0,642
55	4,03	1,58	1,394	0,457	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
56	5,69	1,90	1,739	0,642	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
57	3,77	2,91	1,327	1,068	1,000	0,011	0,000	0,790	0,799	-0,068
58	5,52	3,12	1,708	1,138	1,000	0,340	0,000	9,837	14,904	-0,229
59	3,42	2,39	1,230	0,871	0,980	0,000	1,304	0,000	-1,330	-0,102
60	9,43	2,86	2,244	1,051	1,000	0,003	0,000	0,245	0,246	-0,025

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	F(a <sub>i</sub> )	F(r <sub>i</sub> )	f(a <sub>i</sub> )	f(r <sub>i</sub> )	$\sum_{i=1}^n \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^n \frac{f_i - \beta(f_i) - (a_i - \beta(a_i))}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
61	7,97	2,13	2,076	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
62	4,19	1,90	1,433	0,642	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
63	4,18	2,01	1,430	0,698	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
64	4,40	2,38	1,482	0,867	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
65	6,91	2,15	1,933	0,765	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
66	5,30	3,12	1,668	1,138	1,000	0,340	0,000	9,837	14,904	-0,229
67	5,07	1,90	1,623	0,642	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
68	6,56	3,22	1,881	1,169	1,000	0,668	0,000	9,746	29,359	0,475
69	3,15	2,62	1,147	0,963	0,438	0,000	10,582	0,000	-24,151	0,140
70	7,59	1,98	2,027	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
71	6,31	2,79	1,842	1,026	1,000	0,000	0,000	0,032	0,032	-0,004
72	4,31	1,92	1,461	0,652	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
73	4,18	2,60	1,430	0,956	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
74	3,21	2,50	1,166	0,916	0,637	0,000	10,071	0,000	-15,805	-0,207
75	8,45	1,95	2,134	0,668	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
76	4,11	2,18	1,413	0,779	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
77	3,12	2,16	1,138	0,770	0,340	0,000	9,837	0,000	-28,935	0,445
78	3,51	2,32	1,256	0,842	0,997	0,000	0,244	0,000	-0,245	-0,025
79	4,29	2,37	1,456	0,863	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
80	6,01	2,29	1,793	0,829	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
81	7,15	2,65	1,967	0,975	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
82	3,71	2,51	1,311	0,920	1,000	0,000	0,001	0,000	-0,001	0,000
83	3,20	1,92	1,163	0,652	0,605	0,000	10,335	0,000	-17,074	-0,170
84	6,33	2,61	1,845	0,959	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
85	7,29	1,98	1,987	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
86	5,98	1,92	1,788	0,652	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
87	5,74	2,50	1,747	0,916	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
88	5,90	2,46	1,775	0,900	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
89	4,81	1,91	1,571	0,647	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
90	3,95	2,64	1,374	0,971	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
91	4,66	2,69	1,539	0,990	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
92	3,43	2,68	1,233	0,986	0,983	0,000	1,107	0,000	-1,125	-0,089
93	3,18	1,86	1,157	0,621	0,539	0,000	10,659	0,000	-19,761	-0,073
94	6,05	2,53	1,800	0,928	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
95	6,14	2,13	1,815	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
96	4,91	2,13	1,591	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
97	5,28	2,22	1,664	0,798	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
98	3,14	1,97	1,144	0,678	0,405	0,000	10,404	0,000	-25,704	0,231
99	5,83	2,95	1,763	1,082	1,000	0,028	0,000	1,706	1,755	-0,125
100	4,47	3,13	1,497	1,141	1,000	0,372	0,000	10,155	16,169	-0,197
101	9,18	3,01	2,217	1,102	1,000	0,084	0,000	4,155	4,538	-0,233
102	3,75	2,96	1,322	1,085	1,000	0,034	0,000	2,022	2,093	-0,142
103	4,19	2,48	1,433	0,908	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

media (a <sub>i</sub> ,r <sub>i</sub> )	desv std (a <sub>i</sub> ,r <sub>i</sub> )	Ecuación 1	Ecuación 2
1,153	0,037	0,000	0,000

$$E(t_c) = e^{\mu + 0,5\sigma^2}$$

$$Var(t_c) = E(t_c)^2(e^{\sigma^2} - 1)$$

$t_c$	3,17
var (t <sub>c</sub> )	0,01

Tabla A.5. Rotonda RLS 2c – 1e.

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	F(a <sub>i</sub> )	F(r <sub>i</sub> )	f(a <sub>i</sub> )	f(r <sub>i</sub> )	$\sum_{i=1}^n \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^n \frac{f_i - \beta(f_i) - (a_i - \beta(a_i))}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
1	9,50	2,84	2,251	1,044	1,000	0,027	0,000	0,552	0,567	-0,125
2	6,88	3,25	1,929	1,179	1,000	0,229	0,000	2,654	3,444	-0,291
3	6,58	3,68	1,884	1,303	1,000	0,636	0,000	3,288	9,023	0,358
4	8,46	3,97	2,135	1,379	1,000	0,844	0,000	2,095	13,422	1,550
5	6,66	3,03	1,896	1,109	1,000	0,088	0,000	1,396	1,530	-0,237
6	8,11	3,44	2,093	1,235	1,000	0,404	0,000	3,389	5,686	-0,158
7	7,83	1,93	2,058	0,658	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	6,32	2,74	1,844	1,008	1,000	0,013	0,000	0,288	0,291	-0,074
9	7,15	2,32	1,967	0,842	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,002
10	3,71	2,16	1,311	0,770	0,662	0,000	3,199	0,000	-4,833	-0,231
11	11,47	2,74	2,440	1,008	1,000	0,013	0,000	0,288	0,291	-0,074
12	6,21	2,80	1,826	1,030	1,000	0,020	0,000	0,432	0,440	-0,103
13	4,92	3,42	1,593	1,230	0,998	0,384	0,054	3,343	5,359	-0,212
14	13,43	2,23	2,597	0,802	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
15	6,92	2,32	1,934	0,842	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,002
16	5,50	2,08	1,705	0,732	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,002	-0,001
17	7,61	2,43	2,029	0,888	1,000	0,001	0,000	0,016	0,016	-0,006
18	12,18	2,64	2,500	0,971	1,000	0,005	0,000	0,132	0,133	-0,039
19	5,04	2,44	1,617	0,892	0,999	0,001	0,029	0,018	-0,011	-0,017
20	6,38	2,13	1,853	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechazado})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{100} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{100} \frac{f_i - \beta f(r_i) - (1-\beta) f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
21	5,36	3,07	1,679	1,122	1,000	0,108	0,005	1,620	1,810	-0,259
22	4,56	2,31	1,517	0,837	0,987	0,000	0,295	0,003	-0,295	-0,077
23	6,35	2,84	1,848	1,044	1,000	0,027	0,000	0,552	0,567	-0,125
24	5,21	2,26	1,651	0,815	1,000	0,000	0,011	0,002	-0,010	-0,005
25	12,70	2,13	2,542	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
26	8,89	2,25	2,185	0,811	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	-0,001
27	4,69	2,22	1,545	0,798	0,993	0,000	0,166	0,001	-0,166	-0,047
28	4,98	2,60	1,605	0,956	0,999	0,004	0,039	0,093	0,054	-0,042
29	9,77	2,86	2,279	1,051	1,000	0,031	0,000	0,620	0,640	-0,136
30	5,58	2,26	1,719	0,815	1,000	0,000	0,001	0,002	0,000	-0,001
31	7,15	2,11	1,967	0,747	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
32	4,23	2,20	1,442	0,788	0,941	0,000	1,025	0,001	-1,088	-0,195
33	4,96	2,25	1,601	0,811	0,998	0,000	0,044	0,001	-0,043	-0,015
34	6,31	2,55	1,842	0,936	1,000	0,002	0,000	0,058	0,058	-0,019
35	10,43	2,07	2,345	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
36	3,28	2,48	1,188	0,908	0,255	0,001	2,808	0,028	-10,960	0,796
37	3,09	2,79	1,128	1,026	0,119	0,019	1,735	0,405	-13,364	1,391
38	4,73	2,36	1,554	0,859	0,995	0,000	0,137	0,007	-0,132	-0,043
39	3,28	2,07	1,188	0,728	0,255	0,000	2,808	0,000	-11,029	0,832
40	8,74	2,13	2,168	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
41	6,82	2,51	1,920	0,920	1,000	0,001	0,000	0,039	0,039	-0,013
42	8,77	2,86	2,171	1,051	1,000	0,031	0,000	0,620	0,640	-0,136
43	7,63	2,35	2,032	0,854	1,000	0,000	0,000	0,006	0,006	-0,002
44	5,24	2,24	1,656	0,806	1,000	0,000	0,009	0,001	-0,008	-0,004
45	3,94	2,59	1,371	0,952	0,827	0,003	2,235	0,085	-2,609	-0,325
46	3,12	2,61	1,138	0,959	0,136	0,004	1,911	0,102	-13,685	1,580
47	4,01	2,51	1,389	0,920	0,864	0,001	1,910	0,039	-2,169	-0,293
48	9,84	2,07	2,286	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49	5,34	2,13	1,675	0,756	1,000	0,000	0,005	0,000	-0,005	-0,002
50	8,53	1,86	2,144	0,621	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
51	3,08	1,77	1,125	0,571	0,113	0,000	1,677	0,000	-14,846	2,054
52	8,74	2,09	2,168	0,737	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
53	4,86	2,39	1,581	0,871	0,997	0,000	0,073	0,010	-0,064	-0,027
54	8,17	3,44	2,100	1,235	1,000	0,404	0,000	3,389	5,686	-0,158
55	6,34	2,37	1,847	0,863	1,000	0,000	0,000	0,008	0,008	-0,003
56	4,02	1,78	1,391	0,577	0,869	0,000	1,864	0,000	-2,146	-0,275
57	4,05	2,50	1,399	0,916	0,882	0,001	1,730	0,035	-1,924	-0,280
58	3,67	1,95	1,300	0,668	0,627	0,000	3,314	0,000	-5,288	-0,195
59	3,82	2,30	1,340	0,833	0,750	0,000	2,783	0,003	-3,708	-0,287
60	5,06	1,83	1,621	0,604	0,999	0,000	0,026	0,000	-0,026	-0,009
61	8,47	2,49	2,137	0,912	1,000	0,001	0,000	0,031	0,031	-0,011
62	4,08	2,08	1,406	0,732	0,894	0,000	1,599	0,000	-1,788	-0,255
63	5,92	2,16	1,778	0,770	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
64	7,06	2,99	1,954	1,095	1,000	0,071	0,000	1,185	1,275	-0,214
65	8,85	2,28	2,180	0,824	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
66	5,54	2,13	1,712	0,756	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,001	-0,001
67	5,80	2,79	1,758	1,026	1,000	0,019	0,000	0,405	0,412	-0,098
68	6,98	2,19	1,943	0,784	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
69	4,39	2,08	1,479	0,732	0,971	0,000	0,584	0,000	-0,602	-0,130
70	6,41	1,98	1,858	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
71	4,20	2,23	1,435	0,802	0,934	0,000	1,128	0,001	-1,207	-0,208
72	6,93	1,62	1,936	0,482	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
73	8,22	2,12	2,107	0,751	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
74	8,57	2,26	2,148	0,815	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
75	9,84	2,70	2,286	0,993	1,000	0,009	0,000	0,214	0,216	-0,058
76	5,27	1,98	1,662	0,683	1,000	0,000	0,008	0,000	-0,008	-0,003
77	5,40	2,81	1,686	1,033	1,000	0,022	0,004	0,460	0,466	-0,110
78	8,26	2,16	2,111	0,770	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
79	5,78	1,92	1,754	0,652	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
80	8,14	2,82	2,097	1,037	1,000	0,024	0,000	0,489	0,501	-0,114
81	3,74	2,39	1,319	0,871	0,687	0,000	3,099	0,010	-4,496	-0,257
82	5,87	2,13	1,770	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
83	12,31	2,36	2,510	0,859	1,000	0,000	0,000	0,007	0,007	-0,003
84	3,79	1,89	1,332	0,637	0,727	0,000	2,908	0,000	-3,999	-0,276
85	7,92	2,03	2,069	0,708	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
86	3,64	2,72	1,292	1,001	0,599	0,011	3,383	0,249	-5,327	-0,276
87	10,38	2,71	2,340	0,997	1,000	0,010	0,000	0,231	0,233	-0,062
88	7,25	2,56	1,981	0,940	1,000	0,002	0,000	0,064	0,064	-0,021
89	5,75	2,48	1,749	0,908	1,000	0,001	0,000	0,028	0,028	-0,010
90	3,55	2,63	1,267	0,967	0,513	0,005	3,489	0,121	-6,630	-0,096
91	6,52	2,85	1,875	1,047	1,000	0,029	0,000	0,585	0,603	-0,130
92	10,17	2,87	2,319	1,054	1,000	0,034	0,000	0,656	0,679	-0,142
93	4,50	1,98	1,504	0,683	0,982	0,000	0,379	0,000	-0,386	-0,093
94	4,94	1,89	1,597	0,637	0,998	0,000	0,049	0,000	-0,049	-0,016
95	4,21	3,49	1,437	1,250	0,936	0,453	1,093	3,467	4,918	-0,490
96	6,27	2,27	1,836	0,820	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
97	7,24	2,49	1,980	0,912	1,000	0,001	0,000	0,031	0,031	-0,011

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{166} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{166} \frac{f(a_i - \mu) - f(r_i - \mu)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
98	5,53	2,45	1,710	0,896	1,000	0,001	0,002	0,020	0,018	-0,008
99	3,97	1,83	1,379	0,604	0,844	0,000	2,095	0,000	-2,483	-0,287
100	8,14	2,49	2,097	0,912	1,000	0,001	0,000	0,031	0,031	-0,011
101	5,18	2,64	1,645	0,971	1,000	0,005	0,013	0,132	0,119	-0,044
102	14,47	3,19	2,672	1,160	1,000	0,183	0,000	2,321	2,841	-0,293
103	4,64	3,35	1,535	1,209	0,991	0,317	0,208	3,118	4,318	-0,335
104	8,06	2,13	2,087	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
105	6,66	2,71	1,896	0,997	1,000	0,010	0,000	0,231	0,233	-0,062
106	10,67	2,48	2,367	0,908	1,000	0,001	0,000	0,028	0,028	-0,010
107	6,26	2,78	1,834	1,022	1,000	0,018	0,000	0,379	0,386	-0,093
108	8,67	2,98	2,160	1,092	1,000	0,067	0,000	1,134	1,215	-0,208
109	12,75	3,65	2,546	1,295	1,000	0,608	0,000	3,362	8,584	0,270
110	7,77	2,72	2,050	1,001	1,000	0,011	0,000	0,249	0,251	-0,066
111	10,20	2,83	2,322	1,040	1,000	0,025	0,000	0,520	0,534	-0,119
112	3,94	2,96	1,371	1,085	0,827	0,060	2,235	1,036	-1,562	-0,554
113	5,41	2,14	1,688	0,761	1,000	0,000	0,003	0,000	-0,003	-0,002
114	3,69	1,92	1,306	0,652	0,645	0,000	3,260	0,000	-5,057	-0,214
115	7,74	3,01	2,046	1,102	1,000	0,079	0,000	1,288	1,399	-0,226
116	3,88	2,97	1,356	1,089	0,791	0,063	2,515	1,085	-1,965	-0,580
117	5,97	2,36	1,787	0,859	1,000	0,000	0,000	0,007	0,007	-0,003
118	6,67	2,46	1,898	0,900	1,000	0,001	0,000	0,022	0,022	-0,008
119	6,22	2,51	1,828	0,920	1,000	0,001	0,000	0,039	0,039	-0,013
120	3,76	2,07	1,324	0,728	0,704	0,000	3,026	0,000	-4,300	-0,263
121	7,91	2,43	2,068	0,888	1,000	0,001	0,000	0,016	0,016	-0,006
122	9,43	2,95	2,244	1,082	1,000	0,056	0,000	0,989	1,048	-0,190
123	10,59	1,96	2,360	0,673	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
124	3,88	2,35	1,356	0,854	0,791	0,000	2,515	0,006	-3,173	-0,297
125	6,12	3,62	1,812	1,286	1,000	0,580	0,000	3,420	8,151	0,189
126	9,17	2,92	2,216	1,072	1,000	0,047	0,000	0,855	0,897	-0,172
127	7,27	2,57	1,984	0,944	1,000	0,003	0,000	0,070	0,070	-0,022
128	10,80	3,19	2,380	1,160	1,000	0,183	0,000	2,321	2,841	-0,293
129	5,39	2,34	1,685	0,850	1,000	0,000	0,004	0,005	0,001	-0,004
130	7,00	2,69	1,946	0,990	1,000	0,008	0,000	0,198	0,200	-0,055
131	4,86	1,95	1,581	0,668	0,997	0,000	0,073	0,000	-0,073	-0,023
132	9,58	2,63	2,260	0,967	1,000	0,005	0,000	0,121	0,122	-0,036
133	3,48	1,84	1,247	0,610	0,443	0,000	3,456	0,000	-7,794	0,127
134	9,31	2,68	2,231	0,986	1,000	0,008	0,000	0,183	0,184	-0,051
135	7,55	2,67	2,022	0,982	1,000	0,007	0,000	0,169	0,170	-0,048
136	9,24	2,95	2,224	1,082	1,000	0,056	0,000	0,989	1,048	-0,190
137	7,31	2,69	1,989	0,990	1,000	0,008	0,000	0,198	0,200	-0,055
138	7,84	2,88	2,059	1,058	1,000	0,036	0,000	0,693	0,719	-0,148
139	8,82	3,26	2,177	1,182	1,000	0,238	0,000	2,706	3,550	-0,290
140	4,98	2,31	1,605	0,837	0,999	0,000	0,039	0,003	-0,036	-0,015
141	4,67	2,94	1,541	1,078	0,992	0,053	0,181	0,943	0,811	-0,239
142	8,53	2,29	2,144	0,829	1,000	0,000	0,000	0,003	0,003	-0,001
143	6,82	2,32	1,920	0,842	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,002
144	11,42	2,72	2,435	1,001	1,000	0,011	0,000	0,249	0,251	-0,066
145	8,91	1,98	2,187	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
146	7,43	2,68	2,006	0,986	1,000	0,008	0,000	0,183	0,184	-0,051
147	12,64	3,63	2,537	1,289	1,000	0,590	0,000	3,402	8,295	0,215
148	4,54	2,00	1,513	0,693	0,986	0,000	0,321	0,000	-0,326	-0,081
149	7,02	2,28	1,949	0,824	1,000	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001
150	9,17	3,08	2,216	1,125	1,000	0,113	0,000	1,677	1,891	-0,262
151	4,20	2,92	1,435	1,072	0,934	0,047	1,128	0,855	-0,308	-0,403
152	3,91	1,97	1,364	0,678	0,810	0,000	2,376	0,000	-2,934	-0,294
153	4,51	2,46	1,506	0,900	0,983	0,001	0,364	0,022	-0,347	-0,098
154	3,29	2,79	1,191	1,026	0,263	0,019	2,856	0,405	-10,039	0,454
155	13,21	4,27	2,581	1,452	1,000	0,950	0,000	0,898	18,076	3,404
156	8,35	2,56	2,122	0,940	1,000	0,002	0,000	0,064	0,064	-0,021
157	3,62	2,29	1,286	0,829	0,580	0,000	3,420	0,003	-5,889	-0,139
158	7,01	1,96	1,947	0,673	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
159	6,39	2,48	1,855	0,908	1,000	0,001	0,000	0,028	0,028	-0,010
160	8,84	3,64	2,179	1,292	1,000	0,599	0,000	3,383	8,439	0,242
161	4,51	2,51	1,506	0,920	0,983	0,001	0,364	0,039	-0,331	-0,104
162	7,78	3,24	2,052	1,176	1,000	0,221	0,000	2,600	3,340	-0,293
163	11,80	2,63	2,468	0,967	1,000	0,005	0,000	0,121	0,122	-0,036
164	5,73	4,05	1,746	1,399	1,000	0,882	0,000	1,730	14,660	1,984
165	7,73	2,56	2,045	0,940	1,000	0,002	0,000	0,064	0,064	-0,021
166	4,40	3,43	1,482	1,233	0,972	0,394	0,563	3,367	4,853	-0,392

media (ai,ri)	desv std (ai,ri)	Ecuación 1	Ecuación 2
1,263	0,114	0,000	0,000

$$E(t_c) = e^{\mu+0,5\sigma^2}$$

$$Var(t_c) = E(t_c)^2(e^{\sigma^2} - 1)$$

$t_c$	3,56
$var(t_c)$	0,17



**Tabla A.6. Rotonda RGB 1c – 1e.**

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	F(a <sub>i</sub> )	F(r <sub>i</sub> )	f(a <sub>i</sub> )	f(r <sub>i</sub> )	$\sum_{i=1}^n \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^n \frac{(a_i - \beta)f(r_i) - (a_i - \beta)f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
1	5,30	2,99	1,668	1,095	1,000	0,010	0,000	0,335	0,338	-0,061
2	15,33	2,09	2,730	0,737	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	6,41	2,24	1,858	0,806	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	6,17	2,91	1,820	1,068	1,000	0,004	0,000	0,140	0,140	-0,029
5	4,69	2,05	1,545	0,718	1,000	0,000	0,013	0,000	-0,013	-0,004
6	3,90	3,01	1,361	1,102	0,860	0,012	2,863	0,408	-2,897	-0,368
7	11,91	1,96	2,477	0,673	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	9,88	2,12	2,291	0,751	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	5,77	2,21	1,753	0,793	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	7,10	3,97	1,960	1,379	1,000	0,905	0,000	2,179	22,847	2,325
11	4,71	3,02	1,550	1,105	1,000	0,014	0,011	0,448	0,444	-0,081
12	6,45	2,73	1,864	1,004	1,000	0,000	0,000	0,011	0,011	-0,003
13	7,74	2,13	2,046	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	10,00	3,51	2,303	1,256	1,000	0,392	0,000	4,938	8,119	-0,174
15	8,22	3,37	2,107	1,215	1,000	0,212	0,000	3,730	4,736	-0,294
16	3,81	2,04	1,338	0,713	0,782	0,000	3,785	0,000	-4,839	-0,293
17	5,46	2,10	1,697	0,742	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18	8,18	2,91	2,102	1,068	1,000	0,004	0,000	0,140	0,140	-0,029
19	6,29	2,97	1,839	1,089	1,000	0,008	0,000	0,273	0,275	-0,052
20	10,31	2,52	2,333	0,924	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
21	9,81	2,13	2,283	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22	9,94	3,91	2,297	1,364	1,000	0,867	0,000	2,762	20,774	1,798
23	5,94	2,03	1,782	0,708	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24	7,60	2,13	2,028	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25	10,39	2,74	2,341	1,008	1,000	0,000	0,000	0,013	0,013	-0,003
26	3,70	1,97	1,308	0,678	0,656	0,000	4,729	0,000	-7,203	-0,226
27	5,86	2,62	1,768	0,963	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
28	8,54	3,44	2,145	1,235	1,000	0,297	0,000	4,448	6,324	-0,263
29	5,92	2,42	1,778	0,884	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	4,01	2,55	1,389	0,936	0,925	0,000	1,826	0,000	-1,974	-0,221
31	7,60	2,35	2,028	0,854	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
32	11,46	3,66	2,439	1,297	1,000	0,604	0,000	4,954	12,503	0,256
33	5,95	3,24	1,783	1,176	1,000	0,096	0,000	2,192	2,426	-0,246
34	4,81	3,01	1,571	1,102	1,000	0,012	0,004	0,408	0,409	-0,073
35	6,01	3,58	1,793	1,275	1,000	0,492	0,000	5,127	10,086	-0,016
36	8,95	2,70	2,192	0,993	1,000	0,000	0,000	0,007	0,007	-0,002
37	15,92	3,50	2,768	1,253	1,000	0,378	0,000	4,886	7,851	-0,190
38	4,38	3,55	1,477	1,267	0,995	0,449	0,188	5,086	8,966	-0,162
39	4,19	1,97	1,433	0,678	0,977	0,000	0,692	0,000	-0,708	-0,110
40	11,15	2,73	2,411	1,004	1,000	0,000	0,000	0,011	0,011	-0,003
41	3,69	1,98	1,306	0,683	0,644	0,000	4,792	0,000	-7,446	-0,213
42	5,76	1,90	1,751	0,642	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
43	4,08	3,18	1,406	1,157	0,952	0,061	1,294	1,557	0,296	-0,398
44	4,81	3,06	1,571	1,118	1,000	0,021	0,004	0,642	0,652	-0,105
45	4,33	2,61	1,466	0,959	0,992	0,000	0,272	0,001	-0,272	-0,052
46	8,57	2,81	2,148	1,033	1,000	0,001	0,000	0,038	0,038	-0,009
47	7,26	2,03	1,982	0,708	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
48	5,07	2,40	1,623	0,875	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
49	7,99	2,87	2,078	1,054	1,000	0,002	0,000	0,085	0,085	-0,019
50	7,29	3,42	1,987	1,230	1,000	0,271	0,000	4,261	5,848	-0,277
51	4,17	2,79	1,428	1,026	0,974	0,001	0,781	0,028	-0,773	-0,128
52	5,44	3,38	1,694	1,218	1,000	0,224	0,000	3,842	4,949	-0,293
53	6,89	2,34	1,930	0,850	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
54	6,18	2,37	1,821	0,863	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
55	6,07	2,21	1,803	0,793	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
56	7,12	3,07	1,963	1,122	1,000	0,023	0,000	0,699	0,715	-0,111
57	3,55	2,22	1,267	0,798	0,449	0,000	5,086	0,000	-11,336	0,114
58	9,08	2,82	2,206	1,037	1,000	0,001	0,000	0,044	0,044	-0,010
59	3,61	2,83	1,284	1,040	0,534	0,001	5,109	0,050	-9,488	-0,087
60	3,50	1,79	1,253	0,582	0,378	0,000	4,886	0,000	-12,934	0,313
61	3,60	3,23	1,281	1,172	0,520	0,090	5,122	2,080	-7,063	-0,552
62	4,21	2,65	1,437	0,975	0,980	0,000	0,611	0,003	-0,620	-0,101
63	14,31	2,35	2,661	0,854	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
64	5,92	2,13	1,778	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
65	3,35	2,02	1,209	0,703	0,191	0,000	3,499	0,000	-18,326	1,247
66	11,22	3,56	2,418	1,270	1,000	0,463	0,000	5,106	9,508	-0,069
67	5,24	2,18	1,656	0,779	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
68	6,41	3,18	1,858	1,157	1,000	0,061	0,000	1,557	1,659	-0,199
69	4,43	2,49	1,488	0,912	0,997	0,000	0,128	0,000	-0,128	-0,027
70	10,57	2,80	2,358	1,030	1,000	0,001	0,000	0,033	0,033	-0,008
71	4,30	2,50	1,459	0,916	0,990	0,000	0,336	0,000	-0,339	-0,062
72	6,15	2,24	1,816	0,806	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
73	5,07	3,36	1,623	1,212	1,000	0,202	0,000	3,615	4,527	-0,295

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	F(a <sub>i</sub> )	F(r <sub>i</sub> )	f(a <sub>i</sub> )	f(r <sub>i</sub> )	$\sum_{i=1}^{146} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{146} \frac{(a_i - \beta)f(r_i) - (a_i - \beta)f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
74	5,25	1,95	1,658	0,668	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
75	7,71	2,05	2,043	0,718	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
76	6,05	1,83	1,800	0,604	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
77	9,86	2,58	2,288	0,948	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
78	4,22	2,37	1,440	0,863	0,982	0,000	0,573	0,000	-0,584	-0,095
79	7,42	2,93	2,004	1,075	1,000	0,005	0,000	0,176	0,177	-0,036
80	10,42	2,04	2,344	0,713	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
81	6,34	3,33	1,847	1,203	1,000	0,171	0,000	3,261	3,932	-0,291
82	3,54	2,48	1,264	0,908	0,434	0,000	5,059	0,000	-11,647	0,150
83	5,40	2,61	1,686	0,959	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
84	7,66	2,78	2,036	1,022	1,000	0,001	0,000	0,024	0,024	-0,006
85	9,78	2,31	2,280	0,837	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
86	6,18	3,06	1,821	1,118	1,000	0,021	0,000	0,642	0,656	-0,104
87	7,96	2,14	2,074	0,761	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
88	4,56	1,85	1,517	0,615	0,999	0,000	0,043	0,000	-0,043	-0,010
89	4,71	2,00	1,550	0,693	1,000	0,000	0,011	0,000	-0,011	-0,003
90	6,39	2,68	1,855	0,986	1,000	0,000	0,000	0,005	0,005	-0,001
91	5,20	2,32	1,649	0,842	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
92	6,25	3,19	1,833	1,160	1,000	0,066	0,000	1,656	1,773	-0,207
93	7,00	1,93	1,946	0,658	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
94	8,91	2,08	2,187	0,732	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
95	3,78	1,98	1,330	0,683	0,751	0,000	4,076	0,000	-5,426	-0,286
96	4,50	2,05	1,504	0,718	0,998	0,000	0,072	0,000	-0,072	-0,016
97	7,64	2,23	2,033	0,802	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
98	3,97	2,02	1,379	0,703	0,905	0,000	2,179	0,000	-2,409	-0,245
99	4,82	2,04	1,573	0,713	1,000	0,000	0,004	0,000	-0,004	-0,001
100	4,25	2,16	1,447	0,770	0,986	0,000	0,472	0,000	-0,472	-0,081
101	3,54	2,48	1,264	0,908	0,434	0,000	5,059	0,000	-11,647	0,150
102	5,22	2,67	1,652	0,982	1,000	0,000	0,000	0,004	0,004	-0,001
103	5,19	3,29	1,647	1,191	1,000	0,134	0,000	2,779	3,210	-0,276
104	5,00	2,57	1,609	0,944	1,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000
105	3,47	2,27	1,244	0,820	0,336	0,000	4,691	0,000	-13,943	0,458
106	4,26	1,93	1,449	0,658	0,987	0,000	0,442	0,000	-0,448	-0,077
107	4,00	3,01	1,386	1,102	0,920	0,012	1,911	0,408	-1,656	-0,309
108	6,57	2,13	1,883	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
109	3,81	2,55	1,338	0,936	0,782	0,000	3,785	0,000	-4,838	-0,294
110	8,92	2,49	2,188	0,912	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
111	5,97	2,60	1,787	0,956	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
112	6,56	2,59	1,881	0,952	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
113	7,24	3,80	1,980	1,335	1,000	0,772	0,000	3,884	17,039	0,988
114	7,52	2,31	2,018	0,837	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
115	4,22	1,97	1,440	0,678	0,982	0,000	0,573	0,000	-0,584	-0,095
116	10,22	3,17	2,324	1,154	1,000	0,057	0,000	1,461	1,549	-0,191
117	6,72	2,48	1,905	0,908	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
118	4,52	3,37	1,509	1,215	0,999	0,212	0,061	3,730	4,667	-0,313
119	7,54	1,98	2,020	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
120	3,65	2,29	1,295	0,829	0,590	0,000	4,997	0,000	-8,467	-0,150
121	4,47	2,99	1,497	1,095	0,998	0,010	0,093	0,335	0,245	-0,082
122	7,53	3,60	2,019	1,281	1,000	0,520	0,000	5,122	10,675	0,042
123	4,73	3,20	1,554	1,163	1,000	0,072	0,009	1,758	1,884	-0,218
124	10,86	2,06	2,385	0,723	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
125	3,83	2,03	1,343	0,708	0,801	0,000	3,583	0,000	-4,471	-0,295
126	8,75	2,31	2,169	0,837	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
127	5,70	1,90	1,740	0,642	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
128	7,13	2,22	1,964	0,798	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
129	3,52	2,15	1,258	0,765	0,406	0,000	4,985	0,000	-12,282	0,228
130	5,29	2,92	1,666	1,072	1,000	0,004	0,000	0,157	0,158	-0,032
131	11,18	3,28	2,414	1,188	1,000	0,126	0,000	2,660	3,043	-0,271
132	12,68	2,21	2,540	0,793	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
133	6,80	2,81	1,917	1,033	1,000	0,001	0,000	0,038	0,038	-0,009
134	6,37	1,85	1,852	0,615	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
135	4,40	2,94	1,482	1,078	0,996	0,005	0,161	0,197	0,036	-0,073
136	5,67	2,54	1,735	0,932	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
137	3,75	2,94	1,322	1,078	0,718	0,005	4,346	0,197	-5,825	-0,328
138	3,61	2,65	1,284	0,975	0,534	0,000	5,109	0,003	-9,557	-0,066
139	6,79	1,83	1,915	0,604	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
140	4,66	2,29	1,539	0,829	1,000	0,000	0,018	0,000	-0,018	-0,005
141	5,43	2,13	1,692	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
142	3,19	2,52	1,160	0,924	0,066	0,000	1,656	0,000	-24,960	2,919
143	4,04	3,46	1,396	1,241	0,937	0,323	1,584	4,615	4,935	-0,576
144	5,04	3,47	1,617	1,244	1,000	0,336	0,000	4,691	7,070	-0,232
145	12,21	2,32	2,502	0,842	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
146	4,67	2,16	1,541	0,770	1,000	0,000	0,016	0,000	-0,016	-0,004

N°	intervalo aceptado	mayor intervalo rechazado	$a_i = \log(\text{int. aceptado})$	$r_i = \log(\text{mayor int. rechaz})$	$F(a_i)$	$F(r_i)$	$f(a_i)$	$f(r_i)$	$\sum_{i=1}^{198} \frac{f(r_i) - f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$	$\sum_{i=1}^{198} \frac{(r_i - \beta)f(r_i) - (a_i - \beta)f(a_i)}{F(a_i) - F(r_i)} = 0$
147	5,36	2,21	1,679	0,793	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
148	15,31	2,62	2,729	0,963	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
149	5,79	2,47	1,756	0,904	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
150	11,14	2,46	2,411	0,900	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
151	7,17	2,12	1,970	0,751	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
152	13,43	3,11	2,597	1,135	1,000	0,034	0,000	0,961	0,994	-0,142
153	5,44	3,14	1,694	1,144	1,000	0,044	0,000	1,195	1,250	-0,166
154	7,27	1,96	1,984	0,673	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
155	5,60	2,00	1,723	0,693	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
156	6,26	2,70	1,834	0,993	1,000	0,000	0,000	0,007	0,007	-0,002
157	8,37	2,06	2,125	0,723	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
158	6,84	1,98	1,923	0,683	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
159	4,20	1,87	1,435	0,626	0,979	0,000	0,650	0,000	-0,664	-0,105
160	5,90	2,50	1,775	0,916	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
161	3,96	1,90	1,376	0,642	0,899	0,000	2,272	0,000	-2,528	-0,251
162	9,19	2,76	2,218	1,015	1,000	0,000	0,000	0,018	0,018	-0,005
163	6,42	2,02	1,859	0,703	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
164	6,94	2,07	1,937	0,728	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
165	3,78	2,32	1,330	0,842	0,751	0,000	4,076	0,000	-5,426	-0,286
166	3,82	2,73	1,340	1,004	0,792	0,000	3,685	0,011	-4,640	-0,298
167	12,70	2,86	2,542	1,051	1,000	0,002	0,000	0,075	0,075	-0,017
168	5,39	2,44	1,685	0,892	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
169	5,85	2,95	1,766	1,082	1,000	0,006	0,000	0,220	0,222	-0,043
170	5,98	2,20	1,788	0,788	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
171	4,90	2,55	1,589	0,936	1,000	0,000	0,002	0,000	-0,001	-0,001
172	13,73	3,15	2,620	1,147	1,000	0,048	0,000	1,280	1,345	-0,174
173	7,20	3,25	1,974	1,179	1,000	0,103	0,000	2,307	2,572	-0,253
174	5,34	2,13	1,675	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
175	4,80	2,27	1,569	0,820	1,000	0,000	0,005	0,000	-0,005	-0,001
176	9,92	3,61	2,295	1,284	1,000	0,534	0,000	5,109	10,974	0,074
177	7,23	3,56	1,978	1,270	1,000	0,463	0,000	5,106	9,508	-0,069
178	5,43	3,73	1,692	1,316	1,000	0,694	0,000	4,511	14,732	0,581
179	5,66	2,13	1,733	0,756	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
180	7,16	2,90	1,969	1,065	1,000	0,003	0,000	0,124	0,124	-0,026
181	6,58	3,31	1,884	1,197	1,000	0,152	0,000	3,020	3,561	-0,285
182	5,46	2,08	1,697	0,732	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
183	3,81	2,26	1,338	0,815	0,782	0,000	3,785	0,000	-4,839	-0,293
184	14,23	2,56	2,655	0,940	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
185	10,81	2,55	2,380	0,936	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
186	5,41	2,60	1,688	0,956	1,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
187	7,41	2,27	2,003	0,820	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
188	9,25	2,46	2,225	0,900	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
189	7,73	2,47	2,045	0,904	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
190	3,48	2,26	1,247	0,815	0,350	0,000	4,762	0,000	-13,603	0,408
191	5,77	2,33	1,753	0,846	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
192	3,26	1,76	1,182	0,565	0,110	0,000	2,423	0,000	-21,954	2,091
193	9,48	3,25	2,249	1,179	1,000	0,103	0,000	2,307	2,572	-0,253
194	4,26	2,22	1,449	0,798	0,987	0,000	0,442	0,000	-0,448	-0,077
195	17,03	3,37	2,835	1,215	1,000	0,212	0,000	3,730	4,736	-0,294
196	8,47	3,62	2,137	1,286	1,000	0,549	0,000	5,090	11,275	0,107
197	4,75	2,25	1,558	0,811	1,000	0,000	0,007	0,000	-0,007	-0,002
198	8,18	2,18	2,102	0,779	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

media (a <sub>i</sub> ,r <sub>i</sub> )	desv std (a <sub>i</sub> ,r <sub>i</sub> )	Ecuación 1	Ecuación 2
1,277	0,078	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

$$E(t_c) = e^{\mu + 0,5\sigma^2}$$

$$Var(t_c) = E(t_c)^2(e^{\sigma^2} - 1)$$

$t_c$	3,60
$var(t_c)$	0,08

**ANEXO “B”**

**Estimación del  $t_f$  por promedio de Medición Directa.**

**Tabla B.1. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Izquierdo (n = 1021).**

$t_f$ directo izquierdo				Promedio								2,11			
2,68	2,41	2,09	2,82	1,89	1,96	1,97	2,62	2,09	2,65	2,84	2,40	2,60	1,71	1,74	1,78
2,49	1,54	2,06	1,37	1,83	1,58	1,77	1,86	1,86	1,70	1,67	1,32	2,22	2,48	2,43	1,72
1,99	2,72	2,21	2,34	2,63	1,71	2,14	3,23	2,95	2,15	1,62	1,68	1,75	2,45	1,68	2,19
2,32	2,57	2,10	1,61	1,80	2,19	2,00	2,34	2,51	1,78	2,20	1,43	1,78	1,66	2,50	2,06
1,82	2,54	1,92	2,46	2,03	1,80	1,99	1,74	1,74	2,33	3,00	2,79	2,70	2,30	1,85	1,69
2,26	2,27	2,39	1,96	2,04	2,20	1,66	1,80	2,67	2,38	1,61	1,75	1,70	1,97	2,53	1,96
1,62	2,87	1,65	1,78	2,45	1,72	2,68	1,94	2,02	1,75	2,51	2,30	1,62	2,21	2,82	1,68
2,72	1,98	1,74	2,62	1,97	1,91	2,13	1,70	2,60	1,92	2,21	2,29	1,48	1,99	2,65	3,02
2,60	2,46	1,69	1,69	2,62	1,84	1,73	2,15	1,49	2,13	1,89	1,62	2,76	2,06	3,01	2,15
2,31	1,75	2,02	2,47	1,69	1,91	2,54	2,72	1,87	2,47	2,76	2,40	2,47	2,56	1,71	2,43
2,61	1,45	1,75	1,78	2,25	2,24	2,88	1,52	1,75	1,58	2,15	2,67	1,67	1,72	1,55	1,77
2,30	2,34	3,15	1,99	1,88	1,69	1,53	2,30	2,09	2,24	1,51	2,05	2,49	2,38	2,81	1,73
1,79	2,17	2,10	1,98	1,92	1,96	1,84	1,87	1,85	1,80	1,73	2,18	2,29	1,91	2,90	1,92
2,29	2,29	2,24	2,20	1,78	3,07	2,16	2,40	1,72	2,20	2,30	1,60	2,51	2,34	2,11	2,61
1,58	2,12	2,28	1,72	2,05	2,10	1,80	1,57	1,92	1,61	1,59	2,60	2,41	2,52	1,57	2,15
2,00	2,00	2,75	1,77	1,72	1,87	1,72	2,32	2,56	1,76	1,54	1,60	1,91	2,14	2,25	2,25
2,51	2,82	1,79	2,14	1,86	2,09	1,69	1,67	2,55	2,74	1,70	1,75	2,13	1,59	2,16	2,88
1,68	2,58	1,68	1,89	1,89	2,18	2,27	2,39	2,37	2,37	2,95	2,73	2,75	1,62	1,82	1,63
2,05	1,83	2,26	1,68	2,25	2,11	2,09	2,31	2,20	1,51	1,50	1,86	2,62	2,00	1,72	2,37
1,89	2,05	1,85	2,15	1,72	2,26	2,62	1,64	1,64	2,24	1,44	1,64	1,89	1,97	1,62	2,52
2,37	2,57	1,98	1,62	1,92	1,83	1,80	2,57	2,50	1,82	2,03	1,55	2,93	2,03	1,63	2,43
2,31	2,25	2,07	1,80	2,07	2,15	1,95	1,87	1,63	2,14	2,16	2,04	1,84	1,54	2,19	2,36
2,06	1,70	1,65	2,03	1,99	2,12	1,66	1,79	1,91	2,13	1,41	1,66	2,61	2,02	2,38	1,98
2,88	2,14	1,92	2,04	1,97	1,90	2,04	2,54	2,56	2,05	2,16	2,84	2,21	2,07	2,31	2,16
2,51	2,24	2,85	2,09	2,23	2,82	2,80	1,60	2,41	2,13	2,24	2,35	2,56	1,70	2,33	2,33
1,74	2,53	2,52	1,70	1,94	2,39	2,55	2,48	1,88	2,38	1,69	2,61	1,90	1,74	2,03	2,78
2,63	2,24	2,00	2,32	1,95	1,77	1,54	2,80	2,75	2,46	2,17	2,79	2,39	2,12	2,38	1,69
1,75	1,74	1,85	2,27	1,40	2,14	1,89	1,94	2,06	1,83	2,59	1,69	1,82	2,21	2,68	2,67
1,95	2,37	2,76	1,82	1,72	1,95	1,84	1,77	1,60	1,70	2,72	2,14	2,61	2,37	1,78	1,43
1,69	2,37	2,78	1,97	2,47	1,81	2,76	2,21	2,13	2,17	2,94	1,95	2,13	1,95	2,33	2,85
1,76	1,61	1,83	2,17	1,78	1,63	2,53	1,74	2,39	1,85	1,93	1,62	1,97	1,80	1,79	1,81
2,46	1,83	2,28	1,82	2,56	2,17	1,96	2,39	2,81	2,41	2,56	2,04	1,51	1,33	2,23	
2,57	2,23	2,66	2,18	2,05	1,73	1,96	2,80	1,95	2,56	2,15	2,87	2,33	1,69	2,44	
1,78	2,17	1,77	1,47	1,97	2,11	2,17	2,51	2,50	1,51	1,50	1,45	1,54	2,62	2,36	
1,89	2,91	2,51	1,61	2,09	2,44	2,24	1,97	1,88	1,74	2,12	2,20	1,83	2,53	2,84	
2,25	2,92	1,74	2,46	1,69	2,39	1,80	1,69	1,78	2,00	1,58	2,05	1,79	2,40	1,69	
1,60	1,76	1,99	2,31	2,82	1,64	2,45	2,16	2,78	2,32	2,36	2,45	1,42	2,09	1,94	
2,28	2,43	1,97	2,45	2,84	2,49	1,71	1,98	2,94	2,85	1,86	2,02	1,61	2,63	1,35	
1,77	1,89	2,35	2,88	2,56	1,70	3,17	1,55	2,70	2,18	2,63	2,04	1,50	2,10	2,44	
2,63	2,94	2,11	1,80	1,98	2,51	1,65	1,94	2,43	1,92	2,42	2,33	1,99	1,63	1,71	
2,28	1,53	1,82	2,08	1,48	1,68	2,78	1,70	1,45	1,72	1,58	1,98	1,74	1,95	1,76	
2,39	1,93	2,78	2,77	2,78	2,14	1,86	1,71	2,12	2,25	1,80	1,78	2,02	3,04	1,85	
2,43	1,90	2,10	1,57	1,90	1,91	2,47	1,63	1,80	1,92	1,91	1,54	1,67	2,65	1,96	
1,77	1,88	1,75	1,99	2,39	1,87	2,34	2,94	2,11	1,99	2,38	1,93	1,96	1,65	1,66	
1,74	2,73	2,24	2,74	1,66	1,70	2,56	2,15	2,07	2,02	2,13	2,36	2,67	2,23	1,77	
2,64	2,25	1,76	1,82	1,70	2,57	2,31	2,21	2,66	1,78	1,86	2,19	1,67	2,39	1,81	
1,72	1,82	2,04	2,04	1,75	1,86	1,93	2,10	1,80	2,07	2,86	2,35	2,38	1,83	2,08	
2,67	2,13	1,82	2,06	2,08	1,89	1,80	2,43	2,89	2,40	1,87	2,94	1,80	1,68	1,92	
2,44	1,92	1,69	1,96	1,77	1,68	2,43	1,96	1,97	1,70	1,97	2,33	2,41	1,97	2,99	
1,82	1,89	1,75	1,88	2,12	1,97	2,05	1,74	1,80	1,86	1,49	2,72	1,71	1,93	2,11	
2,00	2,16	1,92	2,23	1,99	2,25	2,13	1,79	2,69	1,61	1,62	2,96	1,96	1,97	2,20	
1,79	2,89	2,46	1,26	1,98	2,25	1,63	2,65	2,10	2,31	2,02	1,45	1,69	2,28	2,78	
2,76	1,81	1,72	1,71	2,14	2,02	1,93	1,99	2,31	1,95	1,88	2,77	2,97	2,60	2,66	
1,86	2,88	1,82	1,92	2,33	2,40	2,21	1,59	2,00	2,28	2,67	1,97	1,53	1,76	1,74	
2,48	1,96	2,42	1,83	2,17	1,59	1,91	1,71	1,50	2,38	2,70	1,86	2,36	2,41	1,95	
2,73	2,11	2,49	2,23	1,72	1,99	2,08	2,96	2,78	2,08	2,14	2,80	1,35	2,28	2,13	
1,88	1,79	2,06	2,19	2,00	1,70	2,35	2,33	2,96	2,64	1,73	2,02	1,93	1,89	2,72	
1,60	1,97	2,65	2,17	1,77	2,06	2,49	1,96	2,15	1,74	2,98	2,09	1,84	2,06	1,81	
2,47	1,91	1,97	2,00	2,61	1,87	1,71	1,75	2,48	1,60	1,93	2,57	2,03	2,56	2,14	
1,56	1,96	1,73	1,46	1,88	2,00	2,07	1,99	1,49	1,61	1,91	2,15	1,80	1,98	2,06	
2,80	2,19	1,69	2,02	1,95	2,57	3,00	2,59	2,14	2,55	1,54	1,69	2,37	1,65	1,92	
1,33	1,95	2,28	1,67	2,40	1,73	3,20	2,57	1,99	3,03	1,88	2,12	2,12	2,30	2,68	
2,31	2,66	2,39	1,97	2,65	2,38	1,51	2,27	2,85	2,58	2,30	1,73	2,72	1,93	1,73	
2,94	1,63	1,33	1,88	2,44	2,81	1,69	1,90	2,01	1,50	2,50	2,05	1,74	1,93	2,48	
1,89	2,34	2,31	1,83	2,16	1,74	2,00	2,44	2,93	1,90	1,97	2,23	2,18	1,79	2,49	
2,83	1,97	2,00	2,07	2,58	1,71	3,01	2,99	2,22	1,66	2,97	2,68	2,25	2,86	1,69	

**Tabla B.2. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Derecho (n = 1204).**

t <sub>i</sub> directo Derecho				Promedio								2,05			
1,97	1,89	2,39	2,07	2,13	2,44	1,70	2,21	2,10	1,58	2,64	1,76	1,71	1,82	1,89	2,75
1,47	2,26	2,27	1,60	1,51	2,35	1,98	1,88	1,59	1,94	2,07	2,11	1,52	2,52	2,11	1,99
2,30	2,15	2,35	1,79	2,52	2,55	2,40	2,50	1,73	2,68	2,56	2,43	1,84	2,61	2,09	2,55
2,58	2,26	1,79	1,41	2,03	1,58	2,75	1,50	2,78	1,70	2,76	1,62	2,18	1,43	2,53	2,26
1,82	1,82	2,10	2,33	1,31	1,78	2,38	1,88	2,68	1,66	2,85	2,50	2,59	2,52	2,34	1,43
1,65	1,94	1,80	2,05	2,74	2,42	1,80	2,32	2,18	2,39	1,79	1,79	1,60	2,66	2,08	1,74
1,53	2,10	1,77	1,25	2,37	1,95	2,14	1,81	2,34	2,45	2,34	2,03	2,36	1,47	2,41	1,68
1,64	2,38	2,42	1,61	2,19	2,35	2,25	2,06	2,02	1,56	2,36	2,11	2,74	1,78	2,70	1,96
1,70	2,48	2,08	2,09	1,80	1,96	1,70	1,48	2,17	1,39	2,22	1,59	2,41	1,83	1,38	1,85
1,45	2,70	2,14	1,52	1,80	1,91	2,07	2,45	2,82	2,51	2,78	1,85	2,09	1,58	2,35	2,12
2,06	1,94	2,12	2,53	2,14	1,69	1,79	2,63	2,55	2,45	1,75	2,71	2,34	1,57	2,38	2,84
2,01	1,58	2,03	2,13	1,48	1,87	2,10	2,25	2,04	1,68	1,73	2,09	2,50	1,51	2,03	1,71
2,62	2,19	2,11	2,61	1,72	1,65	2,01	1,98	1,85	1,72	2,17	1,37	2,31	1,50	2,20	2,28
2,17	2,07	2,29	2,19	1,93	1,72	2,21	1,41	2,14	1,96	2,12	1,90	2,22	2,43	2,49	2,30
2,53	1,74	1,91	2,23	2,08	1,44	1,92	1,72	1,68	1,65	2,84	2,36	2,10	1,94	1,86	2,83
2,34	2,39	2,21	1,73	1,42	2,52	2,49	2,27	1,58	1,97	1,97	2,78	1,60	1,49	2,55	2,63
2,15	2,43	1,74	2,57	1,82	1,50	2,69	1,61	2,71	2,22	2,04	2,32	1,31	2,18	1,98	1,90
1,58	2,01	2,84	1,60	2,33	2,75	2,56	2,43	1,78	1,38	2,57	2,56	1,41	2,14	2,39	1,47
2,61	1,62	1,78	2,60	2,10	1,56	2,02	2,01	1,76	1,50	2,16	2,81	1,93	2,60	1,84	2,29
2,28	2,77	1,93	2,37	1,41	2,17	1,64	2,34	2,45	2,07	1,94	1,72	2,13	1,42	1,88	1,82
2,42	1,95	1,78	2,18	1,81	1,79	2,73	1,71	2,66	1,85	1,66	2,17	1,70	2,15	2,32	2,35
1,75	2,60	1,53	2,05	2,44	2,11	1,70	1,39	2,17	2,19	1,73	1,34	1,91	1,69	2,56	2,54
2,65	2,22	1,86	1,63	2,53	1,94	2,56	2,06	2,83	2,61	1,95	2,61	2,13	1,60	1,42	1,67
1,87	2,15	1,81	2,28	2,04	2,31	2,03	1,79	1,99	1,76	2,13	2,03	1,60	1,82	2,49	2,71
2,31	1,85	2,35	2,30	2,23	2,04	2,52	2,50	1,68	2,58	2,15	2,37	1,49	1,46	2,17	1,68
2,56	2,16	2,10	2,62	2,18	1,61	1,36	2,27	1,57	1,72	2,62	1,47	1,42	2,52	2,29	2,15
2,68	2,75	2,18	2,41	1,44	2,11	1,60	2,05	2,34	2,29	1,92	1,77	2,18	1,75	1,56	2,91
2,13	1,99	1,88	2,34	2,59	1,72	1,49	1,96	2,72	2,80	1,70	2,07	2,28	2,31	2,62	2,53
2,58	1,99	2,04	2,19	1,67	1,89	1,76	1,63	2,29	2,69	2,03	2,45	2,27	2,27	2,95	2,56
2,60	2,01	1,57	2,30	2,44	1,55	1,88	2,09	1,97	1,85	2,25	2,02	1,93	2,05	2,58	2,52
1,77	1,85	1,47	1,92	2,62	1,75	1,56	1,62	2,52	1,83	2,18	2,05	1,87	2,34	2,50	2,28
2,10	2,31	2,34	2,15	1,87	1,57	1,65	1,86	2,50	2,63	2,29	2,68	1,92	1,53	2,92	1,82
2,34	1,73	2,15	1,59	2,61	2,35	1,83	1,95	2,22	2,71	2,68	1,58	2,55	1,84	1,75	1,94
1,92	2,07	1,84	2,27	1,64	1,67	2,47	2,36	2,02	1,58	2,47	2,64	1,55	1,99	1,59	2,10
1,83	2,13	1,25	1,64	2,35	2,32	1,74	1,48	1,68	1,97	2,04	2,16	1,98	2,00	2,29	1,45
2,05	1,64	1,51	2,07	1,76	2,51	1,42	2,45	3,03	2,45	1,99	1,94	2,18	2,29	1,48	1,70
1,59	2,17	1,72	1,82	1,93	1,39	1,29	1,77	2,56	2,66	2,84	1,35	2,26	2,07	2,14	2,71
1,89	2,33	1,65	1,62	2,10	1,68	1,83	2,51	1,48	2,57	2,06	1,58	2,06	2,10	1,87	2,85
1,49	2,01	2,17	1,68	2,41	2,51	1,75	2,28	1,61	2,11	2,10	2,46	1,92	2,59	1,80	2,28
2,50	1,86	1,75	1,51	2,14	2,38	2,01	2,12	2,77	2,42	1,85	1,97	2,68	1,55	1,46	2,72
1,93	2,16	2,25	2,15	2,48	1,49	2,90	1,73	1,73	2,30	1,84	1,37	1,68	1,77	1,52	2,05
2,53	2,27	2,19	2,16	1,74	1,70	2,40	2,33	2,21	1,84	2,61	1,64	2,42	1,65	2,51	2,61
2,03	2,18	2,67	1,42	1,52	1,47	2,12	2,05	1,72	2,10	2,16	2,20	2,38	2,97	2,74	1,36
1,73	1,99	2,45	2,32	2,12	2,51	2,51	2,21	2,21	2,52	2,69	2,16	1,45	2,14	2,88	2,08
2,29	2,57	2,09	1,41	2,44	1,82	2,10	2,80	1,70	1,56	1,39	2,30	1,79	1,80	1,99	2,05
1,86	2,09	2,57	2,32	2,32	2,63	2,18	1,98	1,73	1,88	1,60	2,69	2,38	2,45	2,58	1,63
1,90	2,29	2,08	2,26	2,11	2,50	2,04	2,31	2,40	1,58	1,59	2,66	2,29	2,06	1,34	1,64
1,51	1,59	2,60	1,51	2,02	2,39	2,31	2,03	2,28	2,31	1,56	2,15	2,55	2,02	2,06	2,01
2,29	1,86	2,54	1,95	2,14	2,18	2,48	2,07	1,73	2,02	1,59	2,53	2,28	2,00	1,47	1,59
2,32	2,63	2,24	1,57	1,88	1,38	1,77	2,58	1,54	2,33	1,54	1,79	1,46	1,48	2,06	1,53
2,44	1,50	1,90	2,11	1,56	2,21	2,40	1,63	1,67	2,31	1,64	2,01	2,37	2,03	1,59	1,85
1,92	2,25	2,43	1,95	1,58	1,41	2,13	2,31	1,79	1,89	2,43	2,23	1,51	1,75	1,82	1,46
1,86	1,66	1,89	2,14	2,09	1,42	2,30	2,46	1,81	1,51	2,05	1,41	2,39	2,23	1,66	2,51
2,42	1,62	1,58	2,64	1,65	1,50	1,86	2,06	2,04	2,45	2,50	2,12	1,88	1,82	1,88	2,00
2,56	2,28	1,50	1,81	2,38	2,05	1,73	2,01	2,43	1,53	2,24	1,86	1,76	1,96	2,46	1,67
2,15	1,89	1,56	1,85	2,02	2,02	2,51	1,58	2,56	1,34	2,83	2,12	2,26	1,39	2,02	2,57
2,02	1,57	1,92	1,81	2,19	1,63	2,40	1,95	2,57	1,42	2,12	2,12	2,29	2,17	1,90	1,29
1,84	1,50	2,59	2,42	2,30	1,42	2,05	2,30	2,40	1,52	2,48	1,74	1,81	2,23	2,70	2,23
1,53	2,69	1,60	2,04	2,57	1,67	1,91	1,48	1,66	2,32	2,77	1,95	1,61	2,53	2,33	1,61
2,35	1,73	1,76	2,15	1,58	1,58	1,73	1,86	2,43	1,87	1,40	1,78	2,59	1,90	2,27	1,66
2,68	2,49	2,13	1,64	1,73	1,63	2,00	2,27	1,41	1,58	1,72	1,56	1,41	1,35	2,52	2,01
1,57	2,07	1,64	2,63	2,15	2,05	1,91	2,41	1,52	1,72	2,79	2,07	1,74	1,66	1,88	1,89
2,08	1,71	1,76	2,15	2,27	1,79	1,98	1,91	1,43	2,02	2,77	1,92	1,67	1,87	1,99	1,85
1,69	2,21	1,72	1,71	2,02	1,77	2,69	1,98	1,72	1,62	2,07	2,41	1,81	1,41	1,89	1,35
2,23	2,57	1,92	1,73	2,31	1,94	2,20	2,26	1,67	2,76	2,29	2,07	2,28	1,72	2,12	1,38
2,11	1,84	2,63	1,91	1,79	2,39	2,56	2,62	1,83	2,56	2,03	1,49	1,93	2,97	2,52	1,33
1,44	2,93	2,23	1,56	1,42	1,93	2,33	2,83	1,87	1,40	2,13	1,58	1,66	1,34	1,94	1,98
2,62	1,80	2,09	1,46	1,50	1,72	2,25	2,05	2,60	2,75	1,90	2,49	1,93	1,93	1,80	2,46
1,58	1,34	1,77	1,67	1,44	1,81	2,27	1,59	2,42	2,52	2,18	2,25	1,30	2,20	2,46	2,19





**ANEXO "C"**Base de Datos para estimar el  $t_c$  y  $t_f$  por regresión lineal de "t" y "n".**Tabla C.1. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Izquierdo.**

Período 1 (07 de agosto de 2012).

N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.
1	1	3,64	62	1	4,76	123	2	5,83	184	2	5,85
2	1	4,06	63	1	5,57	124	2	6,17	185	2	5,88
3	1	3,76	64	1	4,08	125	2	6,09	186	2	6,20
4	1	4,14	65	1	3,85	126	2	6,25	187	2	5,97
5	1	3,94	66	1	3,64	127	2	6,15	188	2	5,86
6	1	3,86	67	1	4,16	128	2	6,01	189	2	6,55
7	1	3,74	68	1	3,77	129	2	6,35	190	2	6,38
8	1	4,52	69	1	3,63	130	2	6,54	191	2	5,95
9	1	3,99	70	1	3,87	131	2	6,37	192	2	7,21
10	1	4,79	71	1	4,39	132	2	5,87	193	3	7,94
11	1	3,81	72	1	4,45	133	2	6,43	194	3	8,05
12	1	3,73	73	1	4,08	134	2	5,99	195	3	7,83
13	1	3,93	74	1	4,84	135	2	6,18	196	3	7,89
14	1	4,33	75	1	3,78	136	2	6,15	197	3	8,87
15	1	3,89	76	1	4,78	137	2	5,86	198	3	7,75
16	1	4,74	77	1	3,65	138	2	6,52	199	3	9,05
17	1	4,53	78	1	4,11	139	2	5,97	200	3	8,14
18	1	3,98	79	1	4,59	140	2	5,62	201	3	8,76
19	1	4,41	80	1	4,19	141	2	6,49	202	3	9,40
20	1	4,81	81	1	3,98	142	2	5,85	203	3	8,66
21	1	4,58	82	1	3,88	143	2	5,53	204	3	9,44
22	1	3,71	83	1	4,20	144	2	7,09	205	3	7,94
23	1	4,66	84	1	3,73	145	2	5,91	206	3	8,23
24	1	4,92	85	1	4,50	146	2	7,02	207	3	7,85
25	1	3,98	86	1	5,48	147	2	6,32	208	3	7,90
26	1	5,73	87	1	3,95	148	2	5,68	209	3	8,33
27	1	4,57	88	1	4,42	149	2	5,87	210	3	7,50
28	1	4,21	89	1	4,74	150	2	7,45	211	3	9,20
29	1	3,84	90	1	4,03	151	2	6,73	212	3	8,92
30	1	3,76	91	1	4,33	152	2	6,57	213	3	7,70
31	1	3,88	92	1	3,95	153	2	7,05	214	3	8,15
32	1	4,40	93	1	3,93	154	2	5,99	215	3	9,27
33	1	3,63	94	1	3,87	155	2	6,29	216	3	9,14
34	1	3,75	95	1	4,93	156	2	5,92	217	3	8,68
35	1	3,86	96	1	3,86	157	2	6,20	218	3	10,23
36	1	3,98	97	1	4,10	158	2	6,82	219	3	9,59
37	1	4,82	98	1	4,02	159	2	6,29	220	3	9,01
38	1	4,66	99	1	3,65	160	2	7,08	221	3	7,83
39	1	3,99	100	1	5,10	161	2	5,88	222	3	9,18
40	1	4,14	101	1	4,23	162	2	6,09	223	3	7,76
41	1	3,80	102	1	3,77	163	2	6,47	224	3	8,41
42	1	3,74	103	1	4,78	164	2	5,83	225	3	7,93
43	1	4,32	104	1	3,81	165	2	6,13	226	3	9,71
44	1	3,61	105	1	3,68	166	2	5,87	227	3	8,44
45	1	4,43	106	1	3,99	167	2	5,91	228	3	7,94
46	1	3,86	107	1	3,92	168	2	5,75	229	3	8,67
47	1	3,63	108	1	3,74	169	2	6,76	230	3	9,23
48	1	4,36	109	1	4,28	170	2	7,02	231	3	7,86
49	1	3,75	110	1	4,58	171	2	6,50	232	3	8,89
50	1	3,93	111	1	3,70	172	2	6,07	233	3	8,53
51	1	3,99	112	1	3,77	173	2	5,81	234	3	9,13
52	1	3,53	113	1	4,49	174	2	6,31	235	3	8,31
53	1	4,40	114	1	3,77	175	2	5,85	236	3	7,72
54	1	3,65	115	1	5,51	176	2	5,98	237	4	9,79
55	1	5,04	116	1	3,75	177	2	6,40	238	4	9,98
56	1	3,51	117	1	4,11	178	2	7,14	239	4	10,49
57	1	3,78	118	1	3,81	179	2	7,01	240	4	11,34
58	1	3,95	119	1	5,02	180	2	6,29	241	4	10,80
59	1	4,00	120	1	4,11	181	2	7,09	242	4	9,94
60	1	5,09	121	2	5,94	182	2	5,78	243	4	10,20
61	1	4,18	122	2	5,77	183	2	5,69	244	4	10,71



N°	N° Veh.	Int. acep.
245	4	11,11
246	4	9,55
247	4	11,45
248	4	10,75
249	4	11,59
250	4	10,86
251	4	9,98
252	4	11,04
253	4	10,72
254	4	9,85
255	4	11,05
256	4	10,83
257	4	11,43
258	4	11,03

N°	N° Veh.	Int. acep.
259	4	9,99
260	4	10,71
261	4	11,57
262	4	10,32
263	4	11,03
264	4	10,89
265	4	10,56
266	4	9,72
267	4	11,08
268	4	9,84
269	4	10,69
270	4	9,95
271	4	11,06
272	4	9,89

N°	N° Veh.	Int. acep.
273	4	10,33
274	4	10,05
275	5	12,11
276	5	11,95
277	5	12,24
278	5	11,91
279	5	13,57
280	5	12,86
281	5	12,94
282	5	12,59
283	5	13,24
284	5	11,86
285	5	12,83
286	5	12,49

N°	N° Veh.	Int. acep.
287	5	13,21
288	5	13,04
289	5	11,79
290	5	12,71
291	5	12,93
292	6	14,74
293	6	15,64
294	6	15,04
295	6	14,23
296	6	14,91
297	6	15,38

Período 2 (13 de agosto de 2012).

N°	N° Veh.	Int. acep.
298	1	3,74
299	1	3,49
300	1	4,59
301	1	3,63
302	1	4,34
303	1	4,97
304	1	3,93
305	1	3,86
306	1	4,50
307	1	4,02
308	1	3,92
309	1	4,14
310	1	4,30
311	1	3,86
312	1	4,18
313	1	3,71
314	1	3,65
315	1	4,17
316	1	4,56
317	1	3,94
318	1	3,48
319	1	4,16
320	1	3,89
321	1	4,32
322	1	3,86
323	1	4,02
324	1	3,83
325	1	4,04
326	1	4,41
327	1	3,53
328	1	4,18
329	1	3,99
330	1	4,65
331	1	4,04
332	1	4,51
333	1	4,73
334	1	3,81
335	1	3,94
336	1	3,85
337	1	4,00
338	1	3,91
339	1	4,51
340	1	4,61
341	1	3,87
342	1	3,94
343	1	3,81
344	1	3,98
345	1	3,58
346	1	4,39
347	1	4,03
348	1	4,12

N°	N° Veh.	Int. acep.
349	1	4,31
350	1	4,28
351	1	3,62
352	1	3,91
353	1	3,97
354	1	3,88
355	1	4,24
356	1	4,52
357	1	4,26
358	1	4,11
359	1	3,88
360	1	4,12
361	1	4,02
362	1	4,22
363	1	3,81
364	1	4,32
365	1	4,13
366	1	3,68
367	1	4,04
368	1	4,21
369	1	2,95
370	1	3,76
371	1	3,69
372	1	3,65
373	1	3,56
374	1	3,90
375	1	4,12
376	1	3,47
377	1	4,21
378	1	4,27
379	1	3,69
380	1	4,75
381	1	3,77
382	1	3,93
383	1	4,08
384	1	4,39
385	1	3,72
386	1	4,45
387	1	3,96
388	1	4,38
389	1	4,01
390	1	3,89
391	1	4,32
392	1	3,87
393	1	4,04
394	1	3,88
395	1	3,76
396	1	3,57
397	1	4,49
398	1	3,83
399	1	3,92

N°	N° Veh.	Int. acep.
400	2	6,51
401	2	5,89
402	2	7,15
403	2	6,49
404	2	5,46
405	2	6,37
406	2	7,29
407	2	6,27
408	2	5,83
409	2	7,46
410	2	7,28
411	2	6,44
412	2	5,65
413	2	5,94
414	2	6,37
415	2	5,98
416	2	5,62
417	2	6,25
418	2	7,13
419	2	7,08
420	2	6,54
421	2	5,93
422	2	5,87
423	2	6,36
424	2	5,59
425	2	5,85
426	2	5,73
427	2	5,88
428	2	5,57
429	2	6,49
430	2	6,37
431	2	5,81
432	2	7,11
433	2	6,32
434	2	5,86
435	2	6,84
436	2	5,90
437	2	6,11
438	2	6,19
439	2	6,36
440	2	5,64
441	2	5,83
442	2	6,42
443	2	6,11
444	2	5,91
445	2	6,44
446	2	5,96
447	2	5,87
448	2	6,50
449	2	6,14
450	2	5,81

N°	N° Veh.	Int. acep.
451	2	6,12
452	2	5,92
453	2	5,74
454	2	5,87
455	2	6,36
456	2	5,77
457	2	5,86
458	2	6,29
459	2	5,63
460	2	5,82
461	2	5,72
462	2	5,79
463	2	6,36
464	2	5,95
465	2	5,73
466	2	5,87
467	3	8,72
468	3	9,21
469	3	8,19
470	3	9,12
471	3	7,99
472	3	8,14
473	3	8,60
474	3	7,93
475	3	8,20
476	3	7,86
477	3	8,37
478	3	7,82
479	3	9,68
480	3	7,86
481	3	7,79
482	3	9,07
483	3	8,15
484	3	8,51
485	3	8,34
486	3	8,19
487	3	8,93
488	3	7,88
489	3	9,72
490	3	8,46
491	3	8,99
492	3	8,18
493	3	7,83
494	3	8,84
495	3	8,16
496	3	7,72
497	3	9,12
498	3	8,75
499	3	8,27
500	3	8,11
501	3	7,79

N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.
502	1	3,93	528	2	5,84	553	4	10,71	578	5	12,85
503	1	4,03	529	2	6,12	554	4	10,25	579	5	11,60
504	1	4,07	530	2	5,93	555	4	9,61	580	5	13,09
505	1	3,76	531	2	5,84	556	4	10,69	581	5	13,74
506	1	4,81	532	2	5,74	557	4	10,29	582	5	12,89
507	1	3,44	533	2	5,87	558	4	11,65	583	5	12,80
508	1	4,69	534	2	5,99	559	4	11,62	584	5	11,91
509	1	3,79	535	3	8,19	560	4	10,15	585	5	13,28
510	1	4,25	536	3	7,94	561	4	9,99	586	5	11,58
511	1	4,12	537	3	8,17	562	4	9,80	587	5	12,48
512	1	4,27	538	3	8,64	563	4	10,92	588	5	11,87
513	1	5,60	539	3	8,21	564	4	10,86	589	5	13,66
514	1	4,09	540	3	9,01	565	4	10,42	590	6	13,98
515	1	3,96	541	3	9,26	566	4	9,48	591	6	15,01
516	1	3,78	542	3	9,11	567	4	11,08	592	6	15,47
517	1	4,52	543	3	7,90	568	4	9,74	593	6	14,78
518	1	4,21	544	3	8,16	569	4	10,07	594	6	15,80
519	2	6,83	545	3	8,34	570	5	11,91	595	6	15,65
520	2	6,85	546	4	9,59	571	5	12,79	596	6	14,86
521	2	5,98	547	4	10,22	572	5	13,68	597	6	13,91
522	2	6,16	548	4	9,82	573	5	12,65	598	6	14,85
523	2	6,48	549	4	11,30	574	5	13,74	599	6	15,20
524	2	5,92	550	4	11,55	575	5	11,97	600	6	14,75
525	2	7,04	551	4	11,02	576	5	12,62	601	6	13,64
526	2	5,80	552	4	9,97	577	5	12,53	602	6	14,92
527	2	6,08									

**Tabla C.2. Rotonda RNM 2c – 2e, Carril Derecho.**

Período 1 (07 de agosto de 2012).

N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.
1	1	4,13	32	1	4,19	63	2	6,28	94	2	5,59
2	1	3,55	33	1	3,48	64	2	6,17	95	2	6,34
3	1	3,64	34	1	4,86	65	2	5,56	96	2	5,96
4	1	4,78	35	1	5,03	66	2	6,72	97	2	5,94
5	1	4,30	36	1	4,68	67	2	6,48	98	2	5,54
6	1	3,99	37	1	3,72	68	2	6,09	99	2	5,76
7	1	4,09	38	1	4,24	69	2	5,85	100	2	6,68
8	1	4,87	39	1	3,65	70	2	6,83	101	2	5,32
9	1	3,63	40	1	4,73	71	2	6,31	102	2	4,87
10	1	4,39	41	1	3,98	72	2	5,98	103	2	5,67
11	1	4,12	42	1	3,93	73	2	6,58	104	2	6,96
12	1	4,81	43	1	4,98	74	2	6,32	105	2	5,79
13	1	4,36	44	1	4,83	75	2	5,66	106	2	5,38
14	1	3,92	45	1	5,01	76	2	6,86	107	3	8,11
15	1	4,52	46	1	4,71	77	2	5,79	108	3	7,59
16	1	3,75	47	1	4,67	78	2	6,98	109	3	8,32
17	1	4,43	48	1	3,88	79	2	5,77	110	3	8,19
18	1	5,92	49	1	3,66	80	2	5,59	111	3	7,17
19	1	4,53	50	1	4,51	81	2	6,07	112	3	7,97
20	1	3,57	51	1	4,14	82	2	6,53	113	3	8,06
21	1	3,35	52	1	4,29	83	2	5,54	114	3	8,25
22	1	4,42	53	1	3,45	84	2	6,38	115	3	7,95
23	1	4,04	54	1	4,29	85	2	5,95	116	3	8,27
24	1	3,59	55	1	3,87	86	2	6,53	117	3	9,05
25	1	3,63	56	1	4,54	87	2	5,81	118	3	7,74
26	1	3,98	57	1	3,94	88	2	6,22	119	3	8,91
27	1	5,08	58	1	4,28	89	2	5,63	120	3	7,85
28	1	3,79	59	1	3,79	90	2	5,94	121	3	8,30
29	1	3,41	60	1	4,31	91	2	6,97	122	3	7,61
30	1	4,64	61	2	6,46	92	2	6,82	123	3	8,14
31	1	3,74	62	2	5,97	93	2	5,72	124	3	8,26

N°	N° Veh.	Int. acep.
125	3	7,88
126	3	7,90
127	3	8,34
128	3	7,61
129	3	8,35
130	3	9,18
131	3	8,31
132	3	7,35
133	3	7,88
134	3	9,28
135	3	8,07
136	3	7,54
137	3	8,05
138	3	8,14
139	3	7,71
140	3	8,80
141	3	7,86
142	3	8,13
143	3	7,63
144	3	8,22

N°	N° Veh.	Int. acep.
145	3	8,31
146	3	7,64
147	3	8,01
148	3	8,73
149	3	8,59
150	4	10,10
151	4	10,23
152	4	9,82
153	4	10,79
154	4	10,15
155	4	9,71
156	4	9,36
157	4	10,21
158	4	10,06
159	4	9,99
160	4	11,02
161	4	9,65
162	4	10,18
163	4	10,99
164	4	9,43

N°	N° Veh.	Int. acep.
165	4	10,84
166	4	11,02
167	4	9,84
168	4	9,74
169	4	10,70
170	4	11,03
171	4	9,91
172	5	12,07
173	5	13,33
174	5	11,56
175	5	12,10
176	5	11,65
177	5	11,84
178	5	11,68
179	5	12,11
180	5	11,86
181	5	12,74
182	5	12,48
183	5	11,03
184	5	11,61

N°	N° Veh.	Int. acep.
185	5	11,63
186	5	12,22
187	5	11,98
188	5	12,13
189	5	12,56
190	5	10,62
191	5	12,32
192	5	13,42
193	5	13,16
194	5	11,34
195	6	13,66
196	6	15,33
197	6	14,76
198	6	13,87
199	6	14,55
200	6	13,04
201	6	14,38
202	6	14,08
203	6	13,48
204	6	13,93

Período 2 (13 de agosto de 2012).

N°	N° Veh.	Int. acep.
205	1	3,64
206	1	3,76
207	1	3,63
208	1	3,71
209	1	3,65
210	1	3,48
211	1	4,64
212	1	4,72
213	1	3,99
214	1	3,98
215	1	4,24
216	1	4,31
217	1	3,94
218	1	3,62
219	1	4,51
220	1	3,71
221	1	4,22
222	1	4,51
223	1	4,34
224	1	3,63
225	1	3,92
226	1	3,88
227	1	3,77
228	1	3,69
229	1	4,58
230	1	4,62
231	1	3,83
232	1	4,18
233	1	4,27
234	1	3,56
235	1	4,44

N°	N° Veh.	Int. acep.
236	1	3,64
237	1	4,29
238	1	3,44
239	1	3,58
240	1	3,47
241	1	3,69
242	1	3,76
243	1	5,01
244	1	4,27
245	1	4,17
246	1	4,39
247	1	3,49
248	1	3,64
249	1	3,58
250	1	4,14
251	1	3,71
252	1	4,32
253	1	3,52
254	1	3,81
255	1	3,97
256	1	3,82
257	1	3,79
258	1	4,20
259	1	3,46
260	1	3,52
261	1	4,19
262	1	3,54
263	1	3,39
264	1	3,51
265	1	5,03
266	1	3,38

N°	N° Veh.	Int. acep.
267	1	3,59
268	1	3,81
269	1	4,02
270	1	3,86
271	1	3,47
272	1	4,25
273	1	5,07
274	1	3,45
275	1	3,97
276	1	3,87
277	1	4,09
278	1	3,62
279	1	4,36
280	1	3,78
281	1	3,46
282	1	4,45
283	1	3,90
284	1	3,79
285	1	4,61
286	1	3,87
287	1	3,43
288	1	4,93
289	1	4,01
290	1	3,83
291	1	3,59
292	1	3,47
293	1	4,44
294	1	4,30
295	1	3,54
296	2	5,57
297	2	6,46

N°	N° Veh.	Int. acep.
298	2	5,89
299	2	6,36
300	2	5,83
301	2	5,67
302	2	6,05
303	2	6,31
304	2	6,47
305	2	5,76
306	2	5,86
307	2	5,52
308	2	6,10
309	2	5,45
310	2	6,13
311	2	6,03
312	2	5,10
313	2	5,98
314	2	6,42
315	2	6,27
316	2	6,90
317	2	5,53
318	2	5,74
319	2	6,32
320	2	5,98
321	2	5,73
322	2	5,28
323	2	5,37
324	2	6,37
325	2	6,05
326	2	5,83
327	2	6,04
328	2	5,84

N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.
329	2	5,95	368	2	5,45	407	3	7,57	446	4	10,47
330	2	6,36	369	2	5,91	408	3	8,99	447	4	9,95
331	2	5,60	370	2	6,42	409	3	7,67	448	4	10,86
332	2	5,93	371	2	5,66	410	3	7,48	449	4	9,78
333	2	5,31	372	2	5,99	411	3	9,00	450	5	12,95
334	2	5,42	373	3	7,55	412	3	8,04	451	5	13,28
335	2	6,20	374	3	8,52	413	3	8,17	452	5	11,91
336	2	5,82	375	3	8,31	414	3	7,94	453	5	12,53
337	2	5,23	376	3	7,63	415	3	8,09	454	5	11,72
338	2	6,07	377	3	7,42	416	3	7,90	455	5	12,12
339	2	5,81	378	3	9,13	417	3	7,62	456	5	13,08
340	2	5,92	379	3	7,85	418	3	8,48	457	5	12,32
341	2	5,27	380	3	7,49	419	3	8,16	458	5	11,84
342	2	6,19	381	3	8,15	420	3	9,22	459	5	11,93
343	2	5,23	382	3	9,07	421	3	8,37	460	5	13,48
344	2	4,99	383	3	8,11	422	3	7,33	461	5	13,01
345	2	5,73	384	3	7,64	423	3	8,26	462	5	11,87
346	2	6,33	385	3	7,86	424	3	8,48	463	5	13,05
347	2	5,88	386	3	8,04	425	3	8,17	464	5	13,54
348	2	5,80	387	3	7,57	426	3	7,17	465	5	12,72
349	2	6,19	388	3	7,86	427	3	7,38	466	5	11,95
350	2	6,48	389	3	8,10	428	4	9,37	467	6	14,88
351	2	5,83	390	3	7,45	429	4	10,64	468	6	16,65
352	2	6,83	391	3	9,18	430	4	9,57	469	6	14,08
353	2	6,09	392	3	8,22	431	4	10,47	470	6	14,17
354	2	5,98	393	3	7,98	432	4	10,05	471	6	13,51
355	2	5,82	394	3	7,92	433	4	9,88	472	6	15,07
356	2	6,95	395	3	8,65	434	4	10,48	473	6	14,85
357	2	5,48	396	3	7,37	435	4	9,66	474	6	13,87
358	2	5,86	397	3	7,75	436	4	11,00	475	6	15,03
359	2	5,42	398	3	8,02	437	4	9,19	476	6	14,08
360	2	5,94	399	3	8,32	438	4	9,93	477	6	14,75
361	2	6,45	400	3	8,18	439	4	9,38	478	6	13,98
362	2	5,35	401	3	9,01	440	4	11,06	479	6	14,38
363	2	5,78	402	3	8,26	441	4	10,68	480	6	13,36
364	2	6,22	403	3	7,36	442	4	9,91	481	6	14,78
365	2	5,42	404	3	8,14	443	4	11,08	482	6	14,05
366	2	6,32	405	3	7,69	444	4	10,65			
367	2	5,81	406	3	8,95	445	4	9,47			

**Tabla C.3. Rotonda RRB 2c – 2e, Carril Izquierdo.**

Período 1 (08 de agosto de 2012).

N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.	N°	N° Veh.	Int. acep.
1	1	3,66	19	1	3,79	37	1	3,43	55	2	5,54
2	1	3,93	20	1	4,23	38	1	3,98	56	2	6,31
3	1	4,46	21	1	3,67	39	1	4,25	57	2	5,72
4	1	4,10	22	1	4,59	40	1	3,92	58	2	5,41
5	1	4,75	23	1	4,18	41	1	4,33	59	2	6,87
6	1	4,91	24	1	3,70	42	1	4,34	60	2	6,61
7	1	3,60	25	1	3,96	43	1	3,47	61	2	6,76
8	1	4,95	26	1	4,83	44	1	4,55	62	2	5,80
9	1	4,59	27	1	4,24	45	1	4,16	63	2	6,29
10	1	3,94	28	1	3,81	46	1	4,66	64	2	7,09
11	1	3,75	29	1	3,51	47	2	5,46	65	2	6,59
12	1	3,98	30	1	4,65	48	2	7,05	66	2	5,88
13	1	4,14	31	1	3,89	49	2	5,34	67	2	6,35
14	1	3,51	32	1	4,62	50	2	6,70	68	2	5,77
15	1	4,81	33	1	4,53	51	2	6,51	69	2	6,19
16	1	3,81	34	1	3,88	52	2	5,28	70	2	5,86
17	1	4,70	35	1	4,65	53	2	6,66	71	3	8,23
18	1	3,90	36	1	4,35	54	2	6,73	72	3	8,11

N°	N° Veh.	Int. acep.
73	3	8,77
74	3	8,08
75	3	7,84
76	3	9,09
77	3	8,93
78	3	8,58
79	3	8,67
80	3	7,88

N°	N° Veh.	Int. acep.
81	3	9,27
82	3	8,35
83	3	8,93
84	3	9,14
85	4	9,97
86	4	10,44
87	4	11,96
88	4	11,75

N°	N° Veh.	Int. acep.
89	4	11,90
90	4	9,52
91	4	11,83
92	4	11,18
93	4	10,22
94	5	12,54
95	5	12,71
96	5	12,84

N°	N° Veh.	Int. acep.
97	5	13,96
98	5	11,93
99	5	13,03

Período 2 (11 de agosto de 2012).

N°	N° Veh.	Int. acep.
100	1	4,27
101	1	4,11
102	1	4,89
103	1	4,52
104	1	3,49
105	1	4,68
106	1	4,29
107	1	4,23
108	1	4,92
109	1	3,62
110	1	4,92
111	1	3,71
112	1	4,10
113	1	3,85
114	1	4,52
115	1	3,79
116	1	3,85
117	1	3,66
118	1	4,18
119	1	3,72
120	1	4,54
121	1	3,32
122	1	4,72
123	1	3,29
124	1	4,26
125	1	3,88
126	1	4,18
127	1	4,21
128	1	3,77
129	1	4,81
130	1	3,34
131	1	4,51
132	1	4,27
133	1	3,54
134	1	4,39
135	1	3,63
136	1	4,85
137	1	3,85
138	1	4,08

N°	N° Veh.	Int. acep.
139	1	3,51
140	1	4,26
141	1	4,18
142	1	5,01
143	1	4,54
144	1	3,80
145	1	4,32
146	1	4,69
147	1	4,41
148	1	3,78
149	1	4,34
150	1	3,77
151	1	4,19
152	1	4,22
153	1	4,28
154	1	3,60
155	1	3,85
156	1	4,19
157	1	4,51
158	1	4,58
159	1	3,86
160	1	4,50
161	1	3,83
162	1	4,83
163	1	3,98
164	1	3,91
165	1	4,30
166	1	3,39
167	1	3,57
168	1	4,90
169	2	6,93
170	2	5,97
171	2	6,55
172	2	6,81
173	2	5,43
174	2	6,86
175	2	5,34
176	2	6,14
177	2	7,05

N°	N° Veh.	Int. acep.
178	2	6,52
179	2	7,10
180	2	5,63
181	2	6,85
182	2	5,38
183	2	7,18
184	2	6,24
185	2	5,66
186	2	6,74
187	2	6,83
188	2	5,79
189	2	6,86
190	2	5,65
191	2	6,86
192	2	6,33
193	2	5,99
194	2	5,75
195	2	7,14
196	2	6,47
197	2	6,92
198	2	6,36
199	2	7,15
200	2	5,68
201	2	7,05
202	2	6,01
203	2	6,42
204	2	5,89
205	2	5,45
206	2	7,02
207	3	8,44
208	3	8,96
209	3	9,06
210	3	8,22
211	3	9,15
212	3	9,52
213	3	7,68
214	3	8,76
215	3	6,89
216	3	8,88

N°	N° Veh.	Int. acep.
217	3	9,26
218	3	8,50
219	3	8,34
220	3	9,11
221	3	8,80
222	3	8,91
223	3	8,65
224	4	11,91
225	4	12,07
226	4	9,94
227	4	11,90
228	4	11,29
229	4	10,56
230	4	9,82
231	4	11,82
232	4	9,39
233	4	11,02
234	4	10,95
235	4	11,08
236	4	10,83
237	4	11,58
238	4	11,26
239	4	9,97
240	5	12,78
241	5	13,38
242	5	13,60
243	5	13,61
244	5	12,95
245	5	13,91
246	5	12,65
247	5	13,47
248	5	12,35
249	5	10,94

**Tabla C.4. Rotonda RRB 2c – 2e, Carril Derecho.**

Período 1 (08 de agosto de 2012).

N°	N° Veh.	Int. acep.
1	1	4,42
2	1	3,69
3	1	4,39
4	1	4,76
5	1	3,43
6	1	4,36
7	1	3,89
8	1	4,39
9	1	4,66

N°	N° Veh.	Int. acep.
10	1	3,90
11	1	3,44
12	1	3,74
13	1	4,59
14	1	4,16
15	1	4,86
16	1	3,59
17	1	3,82
18	1	4,66

N°	N° Veh.	Int. acep.
19	1	3,82
20	1	3,70
21	1	3,76
22	2	5,44
23	2	5,53
24	2	6,00
25	2	5,62
26	2	6,57
27	2	5,98

N°	N° Veh.	Int. acep.
28	2	6,09
29	2	6,26
30	2	6,12

Período 2 (11 de agosto de 2012).

N°	N° Veh.	Int. acep.
31	1	3,40
32	1	4,51
33	1	4,21
34	1	3,58
35	1	4,35
36	1	3,97
37	1	3,83
38	1	4,03
39	1	3,77
40	1	3,52

N°	N° Veh.	Int. acep.
41	1	4,23
42	1	4,69
43	1	3,15
44	1	4,31
45	1	4,18
46	1	3,84
47	1	4,11
48	1	3,12
49	1	4,61
50	1	4,12

N°	N° Veh.	Int. acep.
51	1	3,51
52	1	3,71
53	1	3,80
54	1	3,95
55	1	4,66
56	1	3,43
57	1	4,18
58	1	4,14
59	1	3,75
60	1	4,19

N°	N° Veh.	Int. acep.
61	1	4,31
62	2	5,32
63	2	6,30
64	2	6,05

**Tabla C.5. Rotonda RLS 2c – 1e.**

Período 14 de agosto de 2012.

N°	N° Veh.	Int. acep.
1	1	3,91
2	1	3,48
3	1	4,56
4	1	4,33
5	1	4,23
6	1	3,48
7	1	4,28
8	1	4,09
9	1	3,58
10	1	3,94
11	1	4,82
12	1	4,68
13	1	4,86
14	1	4,76
15	1	4,67
16	1	3,82
17	1	4,88
18	1	3,58
19	1	4,30
20	1	3,94

N°	N° Veh.	Int. acep.
21	1	4,87
22	1	3,97
23	1	3,64
24	1	4,55
25	1	4,21
26	1	3,97
27	1	4,64
28	1	3,94
29	1	3,69
30	1	4,72
31	1	3,88
32	1	3,76
33	1	4,67
34	1	3,48
35	1	4,84
36	1	4,67
37	1	4,20
38	1	3,91
39	1	3,62
40	2	5,88

N°	N° Veh.	Int. acep.
41	2	6,58
42	2	6,26
43	2	7,02
44	2	6,55
45	2	6,21
46	2	5,92
47	2	6,36
48	2	6,95
49	2	7,06
50	2	6,31
51	2	5,54
52	2	6,97
53	2	6,26
54	2	6,41
55	2	5,97
56	2	7,12
57	2	6,82
58	2	5,98
59	2	6,54
60	3	7,86

N°	N° Veh.	Int. acep.
61	3	9,15
62	3	8,57
63	3	8,26
64	3	8,14
65	3	7,92
66	3	9,25
67	3	8,93
68	3	8,53
69	3	8,73

**Tabla C.6. Rotonda RGB 1c – 1e.**

Período 15 de agosto de 2012.

N°	N° Veh.	Int. acep.
1	1	3,90
2	1	4,71
3	1	3,81
4	1	4,70
5	1	4,01
6	1	4,81
7	1	3,89
8	1	4,80
9	1	4,71
10	1	4,55
11	1	3,61
12	1	4,50
13	1	3,60
14	1	3,35
15	1	4,43
16	1	4,22
17	1	4,54

N°	N° Veh.	Int. acep.
18	1	3,87
19	1	3,97
20	1	3,64
21	1	4,67
22	1	4,26
23	1	5,00
24	1	3,81
25	1	4,44
26	1	3,65
27	1	4,72
28	1	3,76
29	1	4,21
30	1	3,39
31	1	4,64
32	1	4,51
33	1	4,03
34	1	3,98

N°	N° Veh.	Int. acep.
35	1	3,82
36	1	4,81
37	1	4,75
38	1	3,96
39	1	4,62
40	2	6,92
41	2	7,15
42	2	6,23
43	2	6,18
44	2	7,07
45	2	6,65
46	2	6,58
47	2	7,25
48	2	6,37
49	2	6,80
50	2	6,88
51	2	5,97

N°	N° Veh.	Int. acep.
52	2	6,97
53	2	5,30
54	2	6,17
55	2	5,96
56	2	6,93
57	2	6,75
58	2	5,84
59	2	6,75

**ANEXO “D”**

**Base de Datos para estimar el  $t_c$  y  $t_f$  a partir de la regresión lineal de los valores de  $V_c$  y  $C$ .**

**Tabla D.1. Rotonda RNM 2c – 2e: Registros de 1 minuto cada uno con cola continua.**

Nº	V <sub>c</sub> IZQUIERDO	C <sub>i</sub> ZQUIERDO	V <sub>c</sub> DERECHO	C <sub>d</sub> DERECHO
1	25	11	11	24
2	24	9	10	22
3	10	17	7	24
4	21	15	8	20
5	28	11	6	23
6	13	16	7	22
7	24	14	12	20
8	25	12	6	23
9	23	13	18	16
10	20	15	8	23
11	14	19	7	24
12	17	13	8	21
13	20	16	9	24
14	10	21	10	20
15	9	20	7	21
16	16	13	6	22
17	22	10	9	20
18	21	11	7	22
19	24	8	8	20
20	23	9	11	21
21	24	14	8	21
22	16	14	7	20
23	26	16	13	22
24	17	13	10	22
25	21	15	16	17
26	22	13	8	20
27	20	16	7	21
28	22	16	7	22
29	23	15	8	22
30	21	15	9	21
31	21	16	6	22
32	21	9	16	15
33	17	11	6	19
34	9	18	9	19
35	12	15	7	21
36	19	10	11	20
37	20	15	20	15
38	22	13	11	21
39	16	14	10	21
40	14	16	8	23
41	20	13	12	18
42	16	15	8	24
43	16	13	9	21

Nº	V <sub>c</sub> IZQUIERDO	C <sub>i</sub> ZQUIERDO	V <sub>c</sub> DERECHO	C <sub>d</sub> DERECHO
44	18	11	8	22
45	19	9	9	18
46	18	10	10	17
47	15	19	8	23
48	10	19	7	25
49	11	16	8	25
50	21	9	10	17
51	13	16	10	16
52	10	19	9	18
53	14	16	7	20
54	28	9	11	15
55	23	14	15	13
56	20	16	8	20
57	10	18	6	22
58	12	18	11	21
59	22	13	15	18
60	9	20	10	22
61	8	19	7	22
62	7	23	5	25
63	24	12	14	18
64	16	14	8	19
65	15	18	8	20
66	22	12	15	17
67	16	18	10	22
68	8	19	7	24
69	16	17	8	23
70	12	20	9	19
71	14	19	6	25
72	21	16	8	20
73	9	21	8	22
74	10	19	8	24
75	20	10	5	23
76	15	15	7	20
77	10	19	7	20
78	8	19	8	20
79	7	20	6	21
80	16	14	14	17
81	10	18	8	19
82	12	17	5	25
83	20	8	17	12
84	14	17	5	20
85	13	17	6	21

**Tabla D.2. Rotonda RRB 2c – 2e: Registros del método sin cola continua.**

$$C_n = \frac{3.600}{t_s + t_{mv}} \qquad V_{c(h)} = \frac{3.600 \cdot V_{c(s)}}{t_s}$$

**Carril Izquierdo:**

Nº	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	C <sub>n</sub>	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
01	5,74	2,14	457	4	2509
02	3,09	1,94	716	1	1165
03	4,49	1,81	571	2	1604
04	5,91	2,18	445	3	1827
05	3,31	2,00	678	2	2175
06	3,08	2,06	700	1	1169
07	9,35	2,15	313	5	1925
08	5,54	2,16	468	3	1949
09	3,09	1,86	727	1	1165
10	9,60	2,01	310	5	1875
11	9,87	1,86	307	7	2553
12	9,28	2,04	318	6	2328
13	5,09	2,23	492	3	2122
14	8,03	2,09	356	5	2242
15	5,49	1,78	495	4	2623
16	3,22	1,75	724	1	1118
17	3,44	1,86	679	2	2093
18	4,19	2,08	574	2	1718
19	12,38	1,96	251	9	2617
20	10,25	1,91	296	7	2459
21	3,36	1,73	707	1	1071
22	5,82	2,12	453	3	1856
23	7,93	1,86	368	5	2270
24	13,56	2,29	227	10	2655
25	5,89	2,03	455	3	1834
26	4,25	1,90	585	2	1694
27	4,15	2,00	585	2	1735
28	7,76	1,84	375	5	2320
29	11,97	2,24	253	8	2406
30	3,48	1,82	679	2	2069
31	8,04	2,07	356	5	2239
32	3,16	2,28	662	1	1139
33	9,85	2,31	296	7	2558
34	3,19	1,75	729	1	1129
35	4,34	2,47	529	2	1659
36	3,14	1,92	711	1	1146
37	4,38	2,72	507	2	1644
38	3,15	1,93	709	1	1143
39	14,75	2,82	205	10	2441
40	3,07	1,94	719	1	1173
41	3,14	1,87	719	1	1146
42	4,38	2,45	527	2	1644
43	10,37	2,91	271	6	2083
44	4,47	2,08	550	2	1611
45	6,85	1,98	408	4	2102
46	8,01	2,09	356	5	2247
47	4,97	2,90	457	4	2897
48	14,32	2,78	211	9	2263
49	3,00	2,03	716	1	1200
50	2,95	2,10	713	1	1220
51	7,79	1,94	370	5	2311
52	2,83	2,19	717	1	1272
53	5,41	2,21	472	3	1996
54	5,19	2,33	479	3	2081
55	5,29	2,53	460	3	2042
56	5,16	2,64	462	3	2093
57	3,09	1,82	733	1	1165
58	2,82	2,07	736	1	1277
59	3,33	2,27	643	2	2162
60	13,81	2,07	227	9	2346

Nº	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	C <sub>n</sub>	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
61	3,19	1,78	724	1	1129
62	10,10	2,28	291	8	2851
63	8,22	2,59	333	6	2628
64	3,89	2,68	548	2	1851
65	3,48	2,02	655	1	1034
66	3,58	2,07	637	2	2011
67	10,16	1,84	300	8	2835
68	6,07	2,22	434	4	2372
69	6,13	2,03	441	3	1762
70	3,24	2,00	687	1	1111
71	3,53	1,90	663	1	1020
72	3,11	2,04	699	1	1158
73	3,44	2,24	634	1	1047
74	9,34	2,46	305	7	2698
75	9,08	2,20	319	6	2379
76	4,75	2,60	490	3	2274
77	4,19	2,07	575	2	1718
78	4,42	2,17	546	2	1629
79	3,44	1,96	667	2	2093
80	2,96	2,10	711	1	1216
81	3,13	1,84	724	1	1150
82	12,21	2,97	237	8	2359
83	4,00	2,54	550	2	1800
84	3,15	2,07	690	1	1143
85	13,50	2,29	228	8	2133
86	3,37	2,14	653	1	1068
87	3,50	2,06	647	1	1029
88	4,56	2,18	534	2	1579
89	4,17	2,06	578	2	1727
90	2,80	2,10	735	1	1286
91	10,48	2,25	283	7	2405
92	2,98	2,22	692	1	1208
93	4,85	2,65	480	2	1485
94	4,50	2,32	528	2	1600
95	2,88	2,25	702	1	1250
96	2,95	2,44	668	1	1220
97	18,54	2,83	168	13	2524
98	3,84	2,62	557	2	1875
99	6,07	2,50	420	4	2372
100	2,86	1,89	758	1	1259
101	4,12	2,15	574	2	1748
102	3,16	2,11	683	1	1139
103	4,49	2,44	519	2	1604
104	2,98	1,98	726	1	1208
105	5,41	2,63	448	3	1996
106	3,36	2,18	650	1	1071
107	4,86	2,19	511	3	2222
108	5,03	2,00	512	2	1431
109	8,20	2,12	349	5	2195
110	5,00	2,31	492	3	2160
111	2,97	2,15	703	1	1212
112	5,39	2,12	479	3	2004
113	2,90	1,98	738	1	1241
114	4,69	2,14	527	2	1535
115	5,93	2,06	451	3	1821
116	5,09	2,69	463	3	2122
117	23,76	2,31	138	18	2727
118	5,22	2,50	466	3	2069
119	5,58	2,12	468	3	1935
120	2,80	2,19	721	1	1286



N°	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	C <sub>n</sub>	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
121	4,08	2,51	546	2	1765
122	4,09	2,13	579	2	1760
123	6,04	2,26	434	3	1788
124	4,04	2,00	596	2	1782
125	3,05	2,13	695	1	1180
126	7,04	2,50	377	4	2045
127	11,96	2,17	255	8	2408
128	5,62	2,08	468	3	1922
129	5,09	2,40	481	3	2122
130	8,53	2,30	332	5	2110
131	8,80	2,45	320	5	2045
132	10,20	2,13	292	6	2118
133	3,97	2,45	561	2	1814
134	5,72	2,01	466	3	1888
135	18,25	3,02	169	14	2762
136	4,65	2,19	526	2	1548
137	2,95	2,04	721	1	1220
138	3,27	2,01	682	1	1101
138	4,01	2,00	599	2	1796
140	4,07	2,02	591	2	1769
141	4,29	2,00	572	2	1678
142	10,33	2,38	283	6	2091
143	4,06	2,03	591	2	1773
144	5,20	2,50	468	3	2077
145	3,53	2,57	590	2	2040

N°	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	C <sub>n</sub>	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
146	4,83	1,97	529	2	1491
147	17,99	2,13	179	9	1801
148	6,37	2,72	396	4	2261
149	5,03	2,43	483	3	2147
150	12,66	2,75	234	9	2559
151	18,90	2,59	168	10	1905
152	5,72	2,15	457	3	1888
153	5,00	2,70	468	3	2160
154	8,16	2,53	337	5	2206
155	20,91	2,50	154	11	1894
156	10,20	2,59	281	7	2471
157	2,65	2,34	721	1	1358
158	10,15	2,31	289	6	2128
159	22,70	2,60	142	16	2537
160	5,43	1,99	485	3	1989
161	5,00	2,07	509	3	2160
162	7,95	2,31	351	5	2264
163	4,20	2,00	581	2	1714
164	5,06	1,89	518	3	2134
165	5,69	2,02	467	3	1898
166	5,20	2,44	471	3	2077
167	2,79	2,19	723	1	1290
168	7,65	2,38	359	5	2353
169	3,02	2,18	692	1	1192

**Carril Derecho:**

N°	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	C <sub>n</sub>	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
01	6,85	1,79	417	5	2628
02	3,00	1,80	750	1	1200
03	2,95	2,05	720	1	1220
04	11,26	1,93	273	7	2238
05	3,19	2,03	690	1	1129
06	4,50	1,87	565	2	1600
07	5,35	1,96	492	2	1346
08	13,48	2,04	232	9	2404
09	2,97	1,80	755	1	1212
10	6,52	2,00	423	3	1656
11	4,14	2,10	577	2	1739
12	6,38	1,92	434	4	2257
13	2,96	2,10	711	1	1216
14	3,00	1,95	727	1	1200
15	3,16	1,84	720	1	1139
16	4,40	1,76	584	2	1636
17	3,12	1,94	711	1	1154
18	5,68	2,01	468	3	1901
19	3,05	1,99	714	1	1180
20	3,25	1,78	716	1	1108
21	6,65	1,80	426	4	2165
22	3,31	1,95	684	1	1088
23	5,42	1,93	490	3	1993

N°	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	C <sub>n</sub>	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
24	3,04	2,01	713	1	1184
25	4,30	1,89	582	2	1674
26	2,96	2,07	716	1	1216
27	3,01	2,10	705	1	1196
28	4,03	2,09	588	2	1787
29	2,81	2,07	738	1	1281
30	3,91	2,14	595	2	1841
31	4,83	2,00	527	2	1491
32	4,76	2,19	518	2	1513
33	6,45	2,02	425	3	1674
34	8,45	2,16	339	4	1704
35	9,20	2,34	312	5	1957
36	3,08	2,02	706	1	1169
37	2,81	1,99	750	1	1281
38	4,09	2,28	565	2	1760
39	4,97	2,00	516	2	1449
40	2,76	2,01	755	1	1304
41	6,09	2,78	406	3	1773
42	6,35	2,60	402	3	1701
43	3,16	2,05	691	1	1139
44	3,00	1,99	721	1	1200
45	10,12	2,27	291	6	2134

**Tabla D.3. Rotonda RLS 2c – 1e: Registros del método sin cola continua.**

$$C_n = \frac{3.600}{t_s + t_{mv}}$$

$$V_{c(h)} = \frac{3.600 * V_{c(s)}}{t_s}$$

N°	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	C <sub>n</sub>	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
01	6,07	1,99	447	4	2372
02	3,16	2,26	664	1	1139
03	10,79	2,48	271	5	1668
04	10,14	2,72	280	6	2130
05	2,97	2,02	721	1	1212
06	10,37	2,55	279	6	2083
07	3,21	2,00	691	1	1121
08	7,61	2,02	374	5	2365
09	2,53	2,06	784	1	1423
10	4,47	2,11	547	2	1611
11	4,54	2,07	545	2	1586
12	6,10	1,99	445	3	1770
13	8,15	2,15	350	4	1767
14	3,24	2,00	687	1	1111
15	5,28	2,16	484	3	2045
16	3,00	1,97	724	1	1200
17	9,43	2,39	305	4	1527
18	4,04	2,05	591	2	1782
19	3,87	2,16	597	2	1860
20	11,81	2,28	256	5	1524
21	2,72	2,08	750	1	1324
22	4,06	2,07	587	2	1773
23	3,66	2,27	607	1	984
24	2,76	2,08	744	1	1304
25	8,17	2,00	354	4	1763
26	2,39	2,19	786	1	1506
27	6,28	1,98	436	3	1720
28	3,27	2,00	683	1	1101
29	3,06	1,95	719	1	1176
30	5,12	2,07	501	3	2109
31	2,98	2,11	707	1	1208
32	4,13	2,02	585	2	1743
33	4,25	2,00	576	2	1694
34	3,55	2,10	637	1	1014
35	6,60	2,04	417	3	1636
36	3,24	2,01	686	1	1111
37	9,83	2,22	299	6	2197
38	7,51	1,97	380	4	1917
39	5,08	2,02	507	2	1417
40	7,20	2,59	368	4	2000
41	3,00	2,04	714	1	1200

N°	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	C <sub>n</sub>	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
42	2,91	2,00	733	1	1237
43	7,24	2,28	378	4	1989
44	2,54	2,03	788	1	1417
45	2,72	1,99	764	1	1324
46	6,08	2,30	430	3	1776
47	9,64	2,37	300	6	2241
48	3,25	2,33	645	1	1108
49	3,01	1,99	720	1	1196
50	5,15	2,07	499	3	2097
51	5,97	2,34	433	3	1809
52	4,24	1,98	579	2	1698
53	3,14	1,85	721	1	1146
54	6,02	2,08	444	3	1794
55	7,19	2,00	392	4	2003
56	4,33	1,99	570	2	1663
57	5,49	2,37	458	3	1967
58	8,80	2,15	329	5	2045
59	5,89	2,28	441	3	1834
60	7,43	1,94	384	4	1938
61	5,96	2,13	445	3	1812
62	7,63	1,95	376	4	1887
63	10,08	2,19	293	6	2143
64	10,43	2,07	288	7	2416
65	7,12	2,03	393	5	2528
66	6,12	2,06	440	4	2353
67	2,59	2,02	781	1	1390
68	2,60	2,25	742	1	1385
69	6,19	2,06	436	3	1745
70	5,99	2,49	425	3	1803
71	3,08	2,00	709	1	1169
72	5,00	2,03	512	3	2160
73	3,25	2,08	675	1	1108
74	2,94	2,11	713	1	1224
75	3,11	2,18	681	1	1158
76	3,00	2,08	709	1	1200
77	3,33	2,26	644	1	1081
78	8,96	2,04	327	5	2009
79	23,61	2,38	139	18	2745
80	4,66	2,01	540	3	2318
81	3,25	2,11	672	1	1108

**Tabla D.4. Rotonda RGB 1c – 1e: Registros del método sin cola continua.**

$$C_n = \frac{3.600}{t_s + t_{mv}}$$

$$V_{c(h)} = \frac{3.600 * V_{c(s)}}{t_s}$$

N°	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	C <sub>n</sub>	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
01	9,37	2,23	310	5	1921
02	2,89	2,43	677	1	1246
03	2,77	2,35	703	1	1300
04	6,00	2,56	421	4	2400
05	2,86	2,06	732	1	1259
06	10,67	2,10	282	7	2362
07	3,50	2,18	634	1	1029
08	5,41	2,28	468	3	1996
09	2,98	2,31	681	1	1208
10	9,37	2,06	315	7	2689
11	2,75	2,01	756	1	1309
12	2,91	2,07	723	1	1237
13	5,65	2,48	443	3	1912
14	6,27	2,59	406	3	1722
15	7,26	2,14	383	4	1983
16	6,14	2,56	414	3	1759
17	2,91	2,13	714	1	1237
18	7,38	2,01	383	4	1951
19	3,14	2,07	691	1	1146
20	3,46	2,13	644	1	1040
21	9,49	2,02	313	5	1897
22	5,80	2,31	444	4	2483
23	5,02	2,43	483	3	2151
24	16,81	2,36	188	9	1927
25	6,00	2,03	448	3	1800
26	2,98	2,00	723	1	1208
27	4,35	2,09	559	2	1655
28	4,95	1,94	522	2	1455
29	8,94	2,65	311	5	2013
30	9,32	2,01	318	5	1931
31	3,18	2,09	683	1	1132
32	9,74	2,45	295	6	2218
33	9,25	2,13	316	5	1946
34	7,80	2,20	360	4	1846
35	2,96	2,01	724	1	1216
36	10,33	2,63	278	6	2091
37	19,89	2,78	159	14	2534
38	6,06	2,20	436	3	1782
39	4,35	2,18	551	2	1655
40	4,28	2,12	563	2	1682
41	3,12	2,02	700	1	1154
42	12,27	2,34	246	7	2054
43	7,13	2,41	377	4	2020
44	6,98	2,10	396	4	2063
45	8,16	2,19	348	5	2206
46	5,81	2,33	442	4	2478
47	8,58	2,25	332	5	2098
48	5,03	2,09	506	2	1431
49	10,75	2,78	266	6	2009
50	21,13	3,02	149	14	2385
51	5,34	2,69	448	3	2022
52	2,99	2,03	717	1	1204
53	5,75	2,12	457	3	1878
54	5,04	2,87	455	3	2143
55	2,97	2,00	724	1	1212
56	6,00	2,03	448	3	1800
57	12,18	2,91	239	5	1478

N°	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	C <sub>n</sub>	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
58	6,17	2,08	436	3	1750
59	8,22	2,56	334	4	1752
60	2,79	2,00	752	1	1290
61	9,56	2,11	308	5	1883
62	13,69	2,19	227	7	1841
63	3,12	2,01	702	1	1154
64	9,50	2,06	311	5	1895
65	12,68	2,35	240	6	1703
66	7,95	2,41	347	5	2264
67	5,27	2,51	463	2	1366
68	2,99	2,12	705	1	1204
69	3,36	2,28	638	1	1071
70	3,41	2,06	658	1	1056
71	7,93	2,88	333	4	1816
72	8,94	2,74	308	5	2013
73	3,98	2,20	583	1	905
74	3,35	2,30	637	1	1075
75	7,16	2,00	393	4	2011
76	2,89	2,38	683	1	1246
77	7,53	2,07	375	5	2390
78	4,87	2,01	523	3	2218
79	4,47	2,13	545	2	1611
80	5,09	2,04	505	4	2829
81	3,56	2,11	635	1	1011
82	12,75	2,17	241	7	1976
83	3,16	2,00	698	1	1139
84	5,15	2,03	501	2	1398
85	5,00	2,12	506	2	1440
86	6,80	2,38	392	3	1588
87	3,38	2,04	664	1	1065
88	5,05	2,00	511	2	1426
89	8,64	2,34	328	5	2083
90	3,27	2,14	665	1	1101
91	3,46	2,20	636	1	1040
92	8,14	2,31	344	5	2211
93	10,07	2,66	283	6	2145
94	10,25	2,06	292	6	2107
95	4,50	2,00	554	2	1600
96	2,95	2,27	690	1	1220
97	7,50	2,57	357	4	1920
98	4,38	2,43	529	2	1644
99	6,28	2,27	421	3	1720
100	3,04	2,14	695	1	1184
101	6,24	2,32	421	3	1731
102	7,88	2,08	361	4	1827
103	11,35	2,19	266	7	2220
104	3,17	2,06	688	1	1136
105	2,87	2,28	699	1	1254
106	8,84	2,43	319	5	2036
107	6,01	2,19	439	3	1797
108	3,05	2,08	702	1	1180
109	3,10	2,05	699	1	1161
110	6,12	2,19	433	3	1765
111	8,90	2,62	313	5	2022
112	3,43	2,23	636	1	1050
113	9,96	2,43	291	6	2169

**ANEXO “E”**

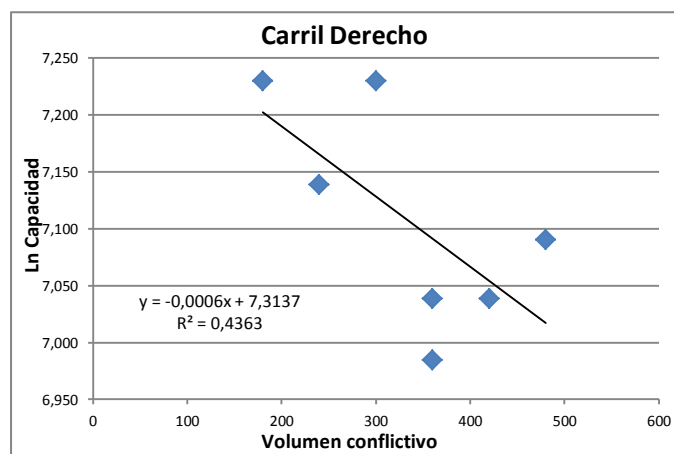
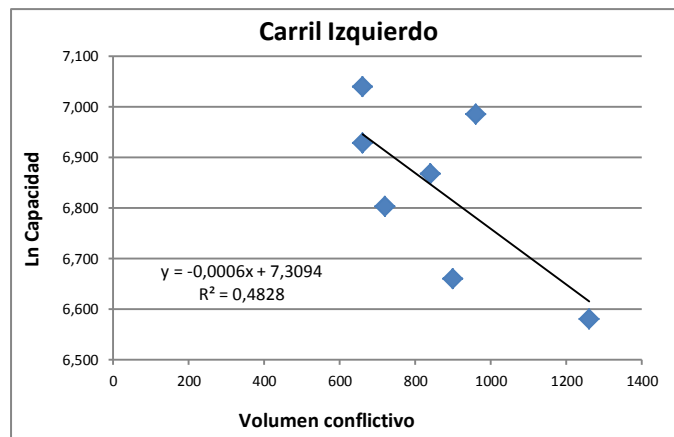
**Base de Datos para comparar los valores de  $t_c$  y  $t_f$  a partir de los valores de  $V_c$  y  $C$  con cola continua y sin cola.**

**Tabla E.1. Rotonda RNM 2c – 2e: Registros de un minuto cada uno con cola continua (Siete minutos).**

1 min				60 min				x	$y_i$	x	$y_D$
$V_{C_i}$	$C_i$	$V_{C_D}$	$C_D$	$V_{C_i}$	$C_i$	$V_{C_D}$	$C_D$	$V_{C_i}$	$\ln C_i$	$V_{C_D}$	$\ln C_D$
14	16	7	19	840	960	420	1140	840	6,867	420	7,039
21	12	8	20	1260	720	480	1200	1260	6,579	480	7,090
11	19	4	21	660	1140	240	1260	660	7,039	240	7,139
16	18	3	23	960	1080	180	1380	960	6,985	180	7,230
12	15	6	19	720	900	360	1140	720	6,802	360	7,039
11	17	5	23	660	1020	300	1380	660	6,928	300	7,230
15	13	6	18	900	780	360	1080	900	6,659	360	6,985

Intervalos	A	B	$t_f$	$t_c$
Entrada Izquierda	1494	0,0006	2,41	3,36
Entrada Derecha	1501	0,0006	2,40	3,36

**Figura E.1. Rotonda RNM 2c – 2e: Curva de regresión de los registros con cola continua (Siete minutos).**



**Tabla E.2. Rotonda RNM 2c – 2e: Registros de acuerdo al método sin cola continua (Siete minutos).**

$$C_n = \frac{3.600}{t_s + t_{mv}}$$

$$V_c(h) = \frac{3.600 * V_c(s)}{t_s}$$

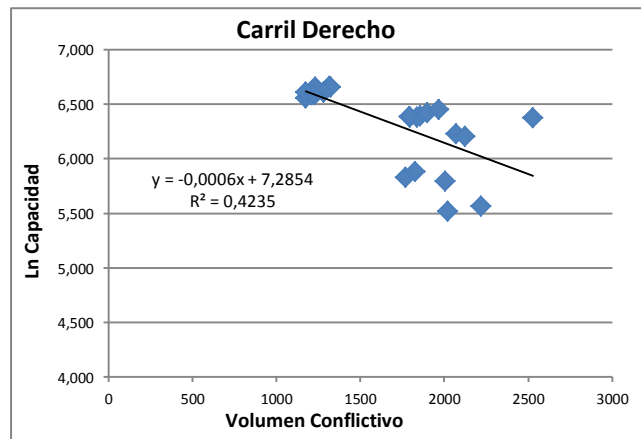
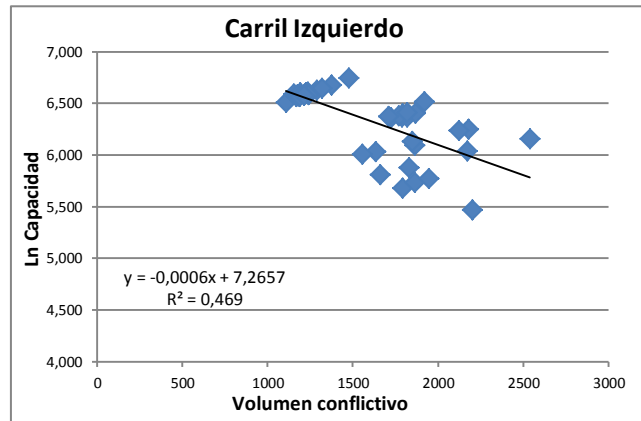
IZQUIERDA					
Nº	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	Cn	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
1	3,75	1,57	677	2	1920
2	2,97	2,03	720	1	1212
3	5,67	1,97	471	4	2540
4	2,91	1,95	741	1	1237
5	2,44	1,81	847	1	1475
6	2,79	1,97	756	1	1290
7	3,04	2,00	714	1	1184
8	3,09	1,93	717	1	1165
9	5,80	2,32	443	3	1862
10	6,63	1,96	419	4	2172
11	8,68	2,16	332	4	1659
12	10,05	2,25	293	5	1791
13	3,25	2,13	669	1	1108
14	9,67	1,95	310	5	1861
15	3,12	1,82	729	1	1154
16	3,02	1,86	738	1	1192
17	3,08	2,00	709	1	1169
18	4,03	2,17	581	2	1787
19	3,96	2,23	582	2	1818
20	7,88	2,22	356	4	1827
21	2,96	1,98	729	1	1216
22	2,62	1,93	791	1	1374
23	4,96	1,99	518	3	2177
24	4,02	1,96	602	2	1791
25	2,73	1,95	769	1	1319
26	3,06	1,91	724	1	1176
27	3,08	1,97	713	1	1169
28	2,90	2,05	727	1	1241
29	3,86	2,10	604	2	1865
30	4,18	2,03	580	2	1722
31	6,61	2,05	416	3	1634
32	2,94	1,96	735	1	1224
33	2,90	2,09	721	1	1241
34	5,84	1,98	460	3	1849
35	6,94	1,91	407	3	1556
36	3,03	2,03	711	1	1188
37	9,26	1,99	320	5	1944
38	5,09	1,97	510	3	2122
39	4,07	2,05	588	2	1769
40	3,96	1,98	606	2	1818
41	13,09	2,13	237	8	2200
42	4,21	1,95	584	2	1710
43	2,97	2,03	720	1	1212

DERECHA					
Nº	t <sub>s</sub>	t <sub>mv</sub>	Cn	V <sub>c</sub> (s)	V <sub>c</sub> (h)
1	2,98	1,92	735	1	1208
2	3,88	2,12	600	2	1856
3	12,47	1,91	250	7	2021
4	2,74	1,85	784	1	1314
5	3,07	2,04	705	1	1173
6	3,92	2,16	592	2	1837
7	2,98	1,96	729	1	1208
8	2,92	1,69	781	1	1233
9	5,22	1,86	508	3	2069
10	8,13	2,42	341	4	1771
11	8,97	1,95	330	5	2007
12	2,72	1,90	779	1	1324
13	2,81	2,03	744	1	1281
14	7,88	2,12	360	4	1827
15	4,01	2,08	591	2	1796
16	3,79	2,05	616	2	1900
17	5,08	2,18	496	3	2126
18	3,07	1,76	745	1	1173
19	4,27	1,83	590	3	2529
20	2,93	2,01	729	1	1229
21	3,66	2,02	634	2	1967
22	11,36	2,38	262	7	2218
23	4,02	2,04	594	2	1791

Después de aplicar logaritmo natural a los valores de C y hecha la regresión se obtiene:

Intervalos	A	B	t <sub>f</sub>	t <sub>c</sub>
Entrada Izquierda	1430	0,0006	2,52	3,42
Entrada Derecha	1459	0,0006	2,47	3,39

Figura E.2. Rotonda RNM 2c – 2e: Curva de regresión de los registros sin cola continua (Siete minutos).



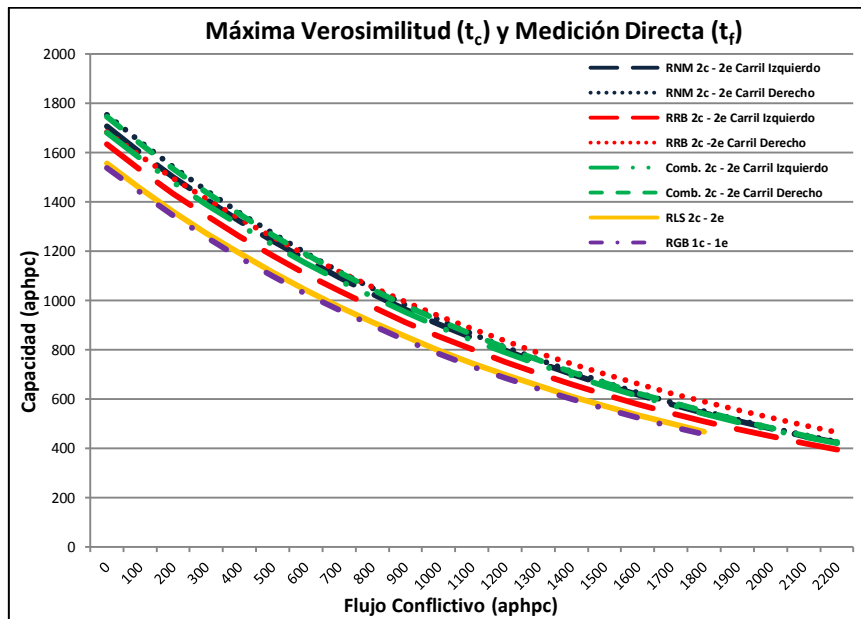
**ANEXO “F”**

**Curvas de Capacidad con los coeficientes “A” y “B” obtenidos a partir de los valores de  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos por los diferentes métodos.**

**Comparación entre todas las rotondas.**

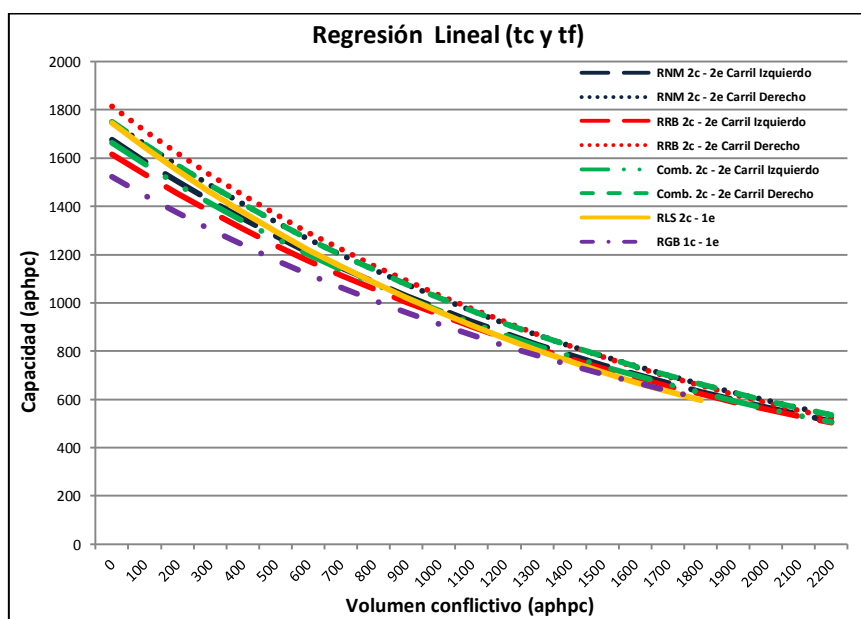
**Método de Máxima Verosimilitud y Medición Directa.**

Figura F.1. Curvas de Capacidad de las rotondas determinadas por el método de Máxima Verosimilitud y Medición Directa.



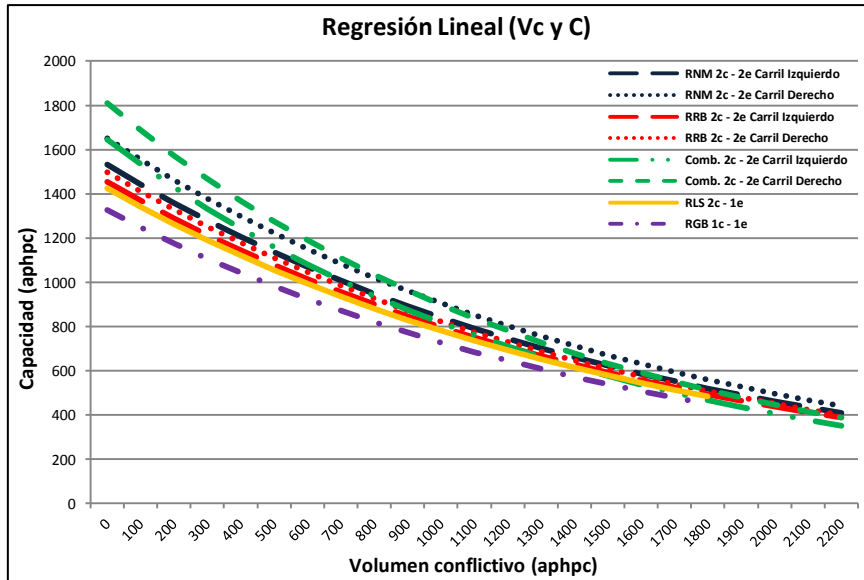
**Método de Regresión Lineal.**

Figura F.2. Curvas de Capacidad de las rotondas determinadas por el método de Regresión Lineal.



**Método de Regresión Lineal de los valores de Vc y C.**

Figura F.3. Curvas de Capacidad de las rotondas determinadas por regresión lineal de Vc y C.



**Comparación en cada rotonda específica.**

**RNM 2c – 2e.**

Figura F.4. Curvas de Capacidad por métodos en el carril izquierdo de la RNM 2c – 2e.

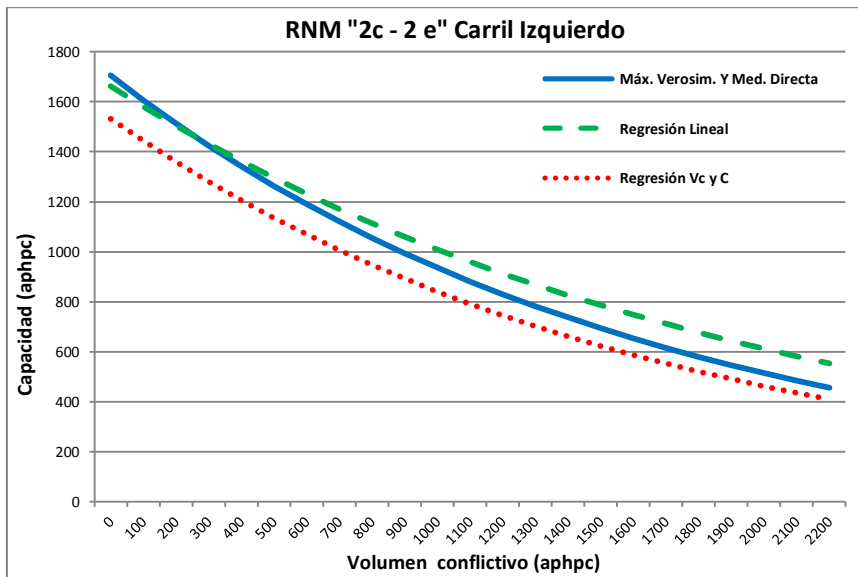
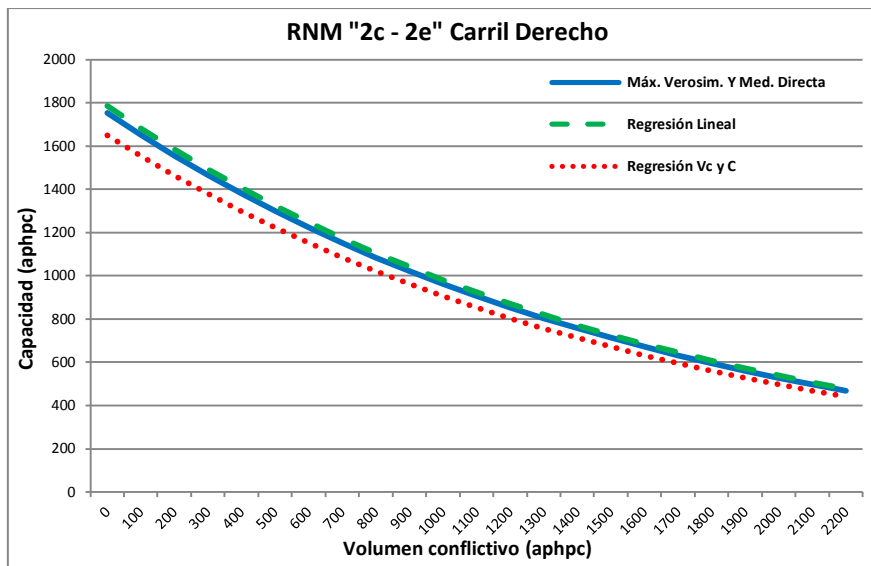




Figura F.5. Curvas de Capacidad por métodos en el carril derecho de la RNM 2c – 2e.



**RRB 2c – 2e.**

Figura F.6. Curvas de Capacidad por métodos en el carril izquierdo de la RRB 2c – 2e.

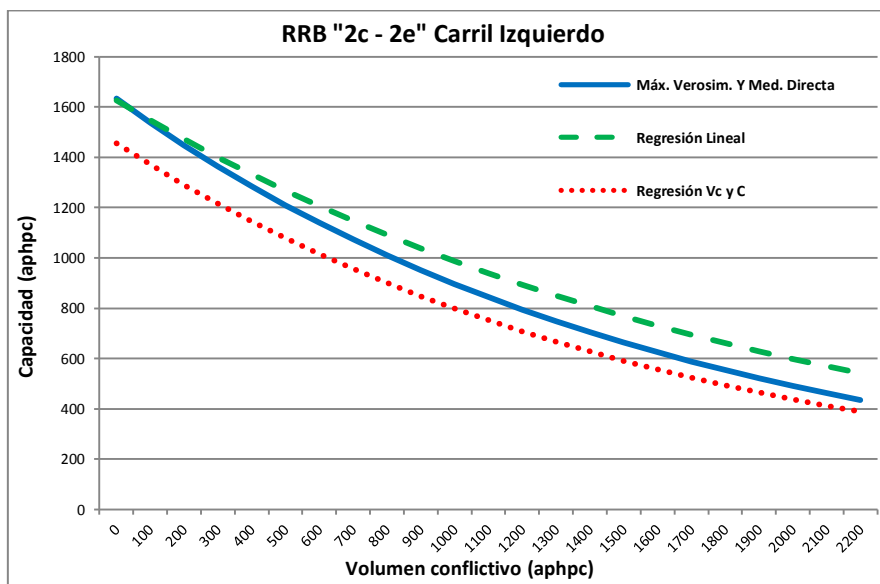
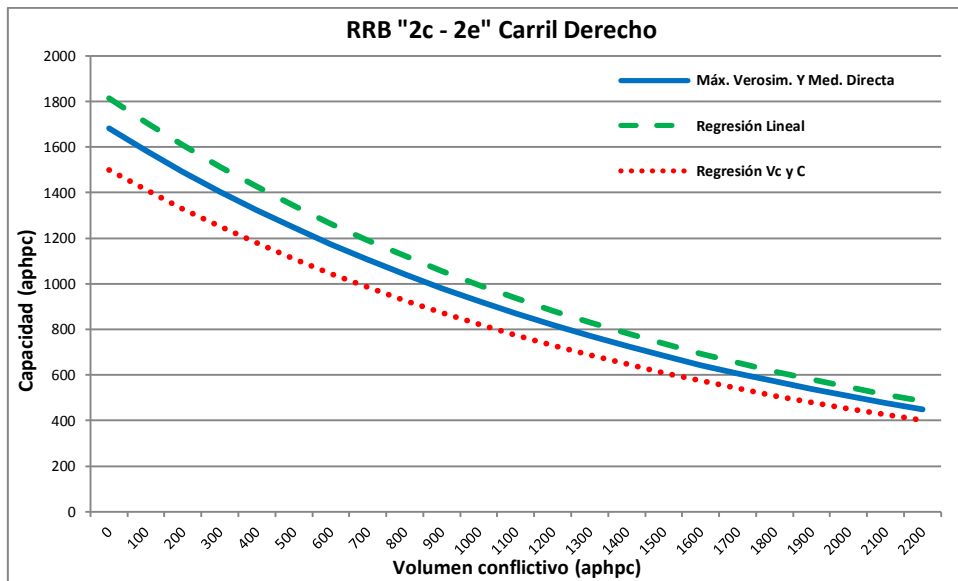


Figura F.7. Curvas de Capacidad por métodos en el carril derecho de la RRB 2c – 2e.



**Combinación 2c – 2e.**

Figura F.8. Curvas de Capacidad por métodos en el carril izquierdo de la combinación 2c – 2e.

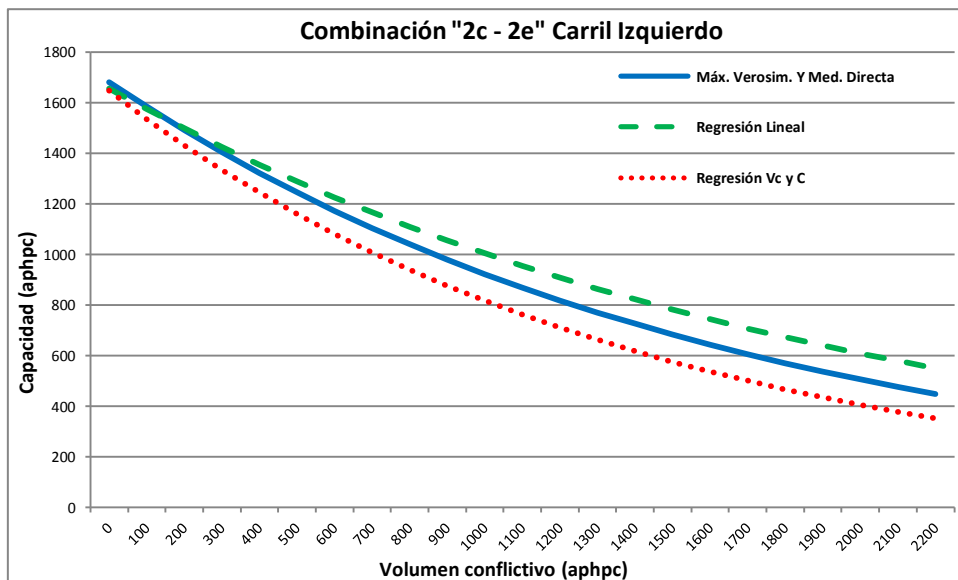
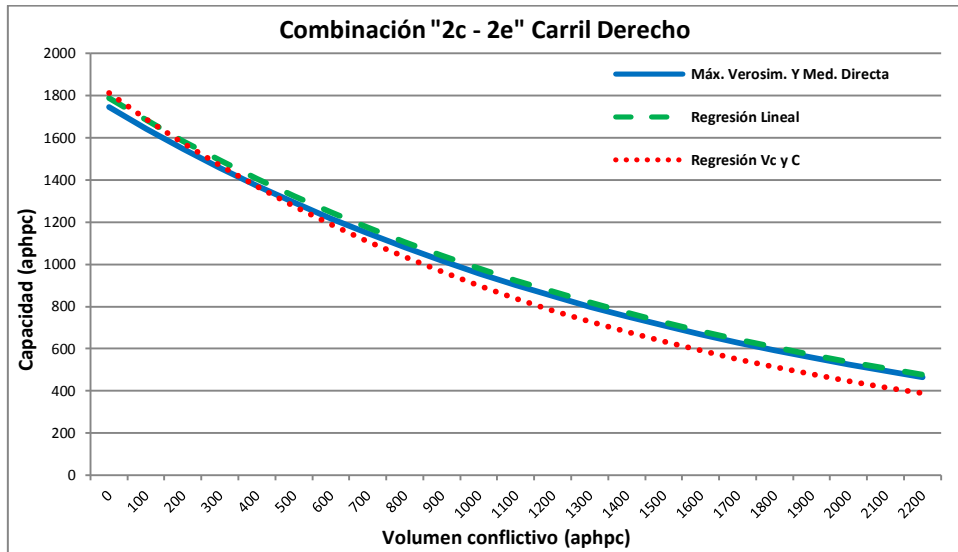
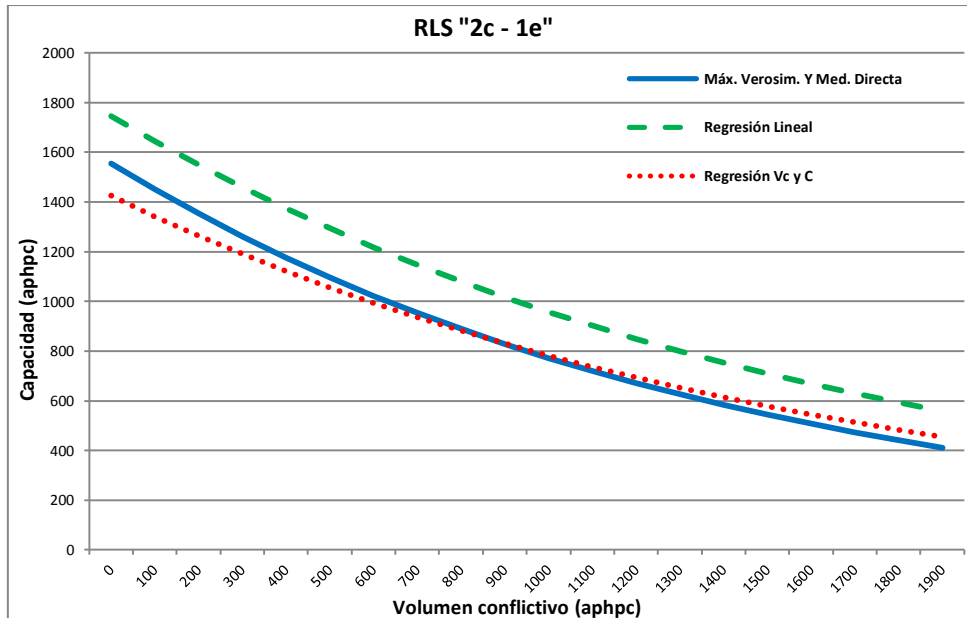


Figura F.9. Curvas de Capacidad por métodos en el carril derecho de la combinación 2c – 2e.



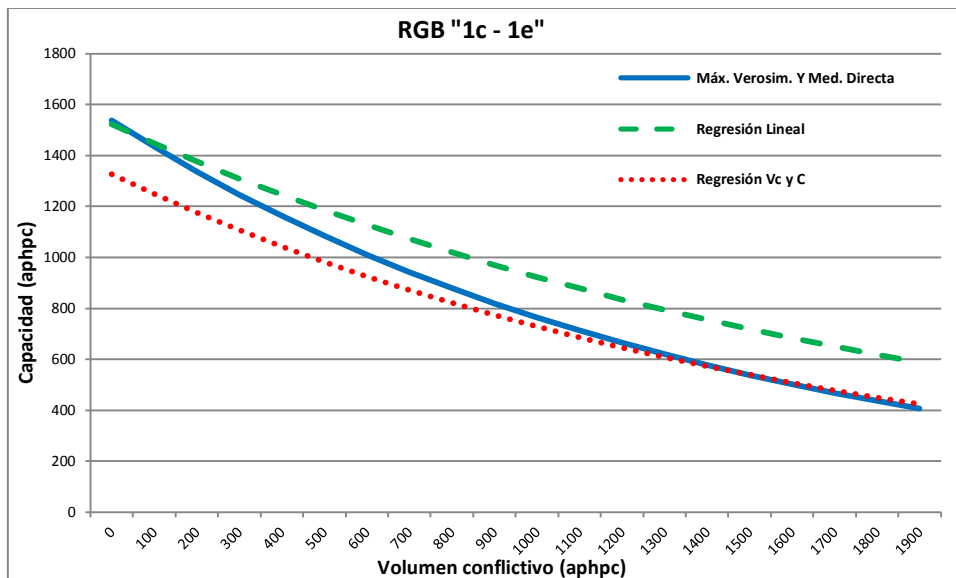
**RLS 2c – 1e.**

Figura F.10. Curvas de Capacidad por métodos en el carril de entrada de la RLS 2c – 1e.



**RGB 1c – 1e.**

Figura F.11. Curvas de Capacidad por métodos en el carril de entrada de la RGB 1c – 1e.



### ANEXO “G” Análisis Estadístico

#### Rotondas 2c – 2e.

Se efectuó el test para verificar si ambas muestras aleatorias de las rotondas RNM 2c – 2e y RRB 2c – 2e poseen varianzas y medias significativamente iguales, recordando que los resultados arrojados fueron distintos. A partir de las bases de datos, se procedió a efectuar cuatro pruebas de hipótesis para las varianzas y cuatro pruebas para las medias, correspondiendo para cada caso dos test para los  $t_c$  y dos test para los  $t_f$  (carril izquierdo y carril derecho respectivamente). Se realizaron las pruebas de hipótesis con respecto a las varianzas de las dos distribuciones independientes. La nomenclatura para estas pruebas de hipótesis es:

hipótesis nula:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \tag{G.1}$$

contra la hipótesis alternativa:

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \tag{G.2}$$

el estadístico de prueba bajo  $H_0$ :

$$f = \frac{S_1^2}{S_2^2} \tag{G.3}$$

Los criterios de rechazo, con un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  fueron, “rechazar”  $H_0$  cuando  $f \geq f_{1-\alpha/2, n_1-1, n_2-1}$  ó  $f \leq 1/f_{1-\alpha/2, n_1-1, n_2-1}$ , (Walpole y Myers, 1992).

Los resultados de las pruebas de hipótesis sobre las varianzas para las muestras de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e”, se presentan en la Tabla G.1:

Tabla G.1. Pruebas de Varianzas para las muestras de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e”.

$t_c$			$t_c$		
Carril Izquierdo	RNM 2c - 2e	RRB 2c -2e	Carril Derecho	RNM 2c - 2e	RRB 2c -2e
$s^2$	0,067	0,099	$s^2$	0,082	0,014
$f$	0,674		$f$	5,865	
$n - 1$	407	285	$n - 1$	296	102
$f_{1-\alpha}$	1,320		$f_{1-\alpha}$	1,390	
$1/f_{1-\alpha}$	0,758		$1/f_{1-\alpha}$	0,719	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>			<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las varianzas no son significativamente iguales.			"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las varianzas no son significativamente iguales.		

$t_f$			$t_f$		
Carril Izquierdo	RNM 2c - 2e	RRB 2c -2e	Carril Derecho	RNM 2c - 2e	RRB 2c -2e
$s^2$	0,157	0,195	$s^2$	0,152	0,160
$f$	0,802		$f$	0,948	
$n - 1$	1020	510	$n - 1$	1203	166
$f_{1-\alpha}$	1,140		$f_{1-\alpha}$	1,300	
$1/f_{1-\alpha}$	0,877		$1/f_{1-\alpha}$	0,769	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>			<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las varianzas no son significativamente iguales.			"No se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las varianzas son significativamente iguales.		

Se puede refutar la hipótesis nula al verificarse los criterios de rechazo, lo que supone que hay suficiente razón para considerar que las varianzas de los  $t_c$  de ambos carriles y del  $t_f$  del carril izquierdo de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e”, no son significativamente iguales. Sólo para los  $t_f$  del carril de la derecha de ambas rotondas, se puede suponer que las varianzas son iguales.

En el caso del  $t_f$  del carril derecho de ambas rotondas, la nomenclatura para la prueba de hipótesis con respecto a las medias (distribuciones normales e independientes) con varianzas iguales (prueba t de student), es:

hipótesis nula:

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \tag{G.4}$$

contra la hipótesis alternativa:

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \tag{G.5}$$

el estadístico de prueba bajo  $H_0$ :

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - 0}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \tag{G.6}$$

donde:

$$s_p = \sqrt{\frac{[(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2]}{[n_1 + n_2 - 2]}} \tag{G.7}$$

Los criterios de rechazo, con un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  fueron: “rechazar”  $H_0$  cuando  $t \geq t_{1-\alpha/2,m}$  ó  $t \leq t_{\alpha/2,m}$ , considerando los grados de libertad iguales a  $m = n_1 + n_2 - 2$ ; además de  $t_{1-\alpha/2}$  y  $t_{\alpha/2}$  como los límites de las regiones de aceptación a partir de los cuales se ingresa en la zona de rechazo de  $H_0$ .

Los resultados de la prueba de hipótesis sobre las medias del  $t_f$  del carril derecho en las muestras de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e” con varianzas iguales, se presentan en la Tabla G.2:

Tabla G.2. Prueba de medias del  $t_f$  del carril derecho en las muestras de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e” con varianzas iguales.

$t_f$		
Carril Derecho	RNM 2c - 2e	RRB 2c - 2e
$\bar{X}$	2,05	2,14
$s^2$	0,1518	0,1601
<b>n</b>	1204	167
$t \geq t_{1-\alpha/2,m}$	1,962	
$t \leq t_{\alpha/2,m}$	-1,962	
$t_{\text{observado}}$	-2,7301	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las medias no son significativamente iguales.		

Se puede refutar la hipótesis nula al verificarse los criterios de rechazo, lo que supone que hay suficiente razón para considerar que las medias de los  $t_f$  del carril derecho de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e”, no son significativamente iguales. En otras palabras, los datos recolectados en campo proporcionan evidencia suficiente para contradecir la  $H_0$ .

Para el caso de los  $t_c$  de ambos carriles y del  $t_f$  del carril izquierdo de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e”, la nomenclatura para la prueba de hipótesis con respecto a las medias (distribuciones normales e independientes) con varianzas desiguales (prueba t de Welch), es:

hipótesis nula:

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \tag{G.8}$$

contra la hipótesis alternativa:

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \tag{G.9}$$

el estadístico de prueba bajo  $H_0$ :

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - 0}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \tag{G.10}$$

donde los grados de libertad:

$$v = \frac{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2}{[(s_1^2/n_1)^2/(n_1 - 1)] + [(s_2^2/n_1)^2/(n_2 - 1)]} \tag{G.11}$$

Los criterios de rechazo, con un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  fueron: “rechazar”  $H_0$  cuando  $t \geq t_{1-\alpha/2,v}$  ó  $t \leq t_{\alpha/2,v}$ , considerando los grados de libertad según la ecuación H.11; además de  $t_{1-\alpha/2}$  y  $t_{\alpha/2}$  como los límites de las regiones de aceptación a partir de los cuales se ingresa en la zona de rechazo de  $H_0$ . Los resultados de la prueba de hipótesis sobre las medias de los  $t_c$  y del  $t_f$  del carril izquierdo en las muestras de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e” con varianzas desiguales, se muestran en la Tabla G.3:

Tabla G.3. Prueba de medias de los  $t_c$  y del  $t_f$  del carril izquierdo en las muestras de las rotondas “RNM 2c – 2e” y “RRB 2c – 2e” con varianzas desiguales.

t <sub>c</sub>		
Carril Izquierdo	RNM 2c - 2e	RRB 2c -2e
$\bar{X}$	3,34	3,43
$s^2$	0,0669	0,0992
<b>n</b>	408	286
$t_{1-\alpha/2}$	1,965	
$t_{\alpha/2}$	-1,965	
<b>t<sub>observado</sub></b>	-3,9686	
<b>v</b>	534,4	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las medias no son significativamente iguales.		

t <sub>c</sub>		
Carril Derecho	RNM 2c - 2e	RRB 2c -2e
$\bar{X}$	3,34	3,17
$s^2$	0,0818	0,0140
<b>n</b>	297	103
$t_{1-\alpha/2}$	1,972	
$t_{\alpha/2}$	-1,972	
<b>t<sub>observado</sub></b>	8,5370	
<b>v</b>	387,1	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las medias no son significativamente iguales.		

$t_f$		
Carril izquierdo	RNM 2c - 2e	RRB 2c -2e
$\bar{X}$	2,11	2,20
$s^2$	0,1566	0,1953
<b>N</b>	1021	511
$t_{1-\alpha/2}$	1,965	
$t_{\alpha/2}$	-1,965	
$t_{\text{observado}}$	-4,0647	
<b>v</b>	926,9	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las medias no son significativamente iguales.		

Se puede refutar la hipótesis nula al verificarse los criterios de rechazo, lo que supone que hay suficiente razón para considerar que las medias de los  $t_c$  y del  $t_f$  del carril izquierdo de las rotondas "RNM 2c – 2e" y "RRB 2c – 2e", no son significativamente iguales. En otras palabras, los datos recolectados en campo proporcionan evidencia suficiente para contradecir la  $H_0$ .

**Rotondas 2c – 1e y 1c – 1e.**

Se efectuó el test para verificar si ambas muestras aleatorias de las rotondas "RLS 2c – 1e" y RGB 1c – 1e poseen varianzas y medias significativamente iguales. A partir de las bases de datos, se efectuaron dos pruebas de hipótesis para las varianzas y dos pruebas para las medias, correspondiéndoles para cada caso, una prueba para los  $t_c$  y una pruebas para los  $t_f$ .

Se procedió a hacer pruebas de hipótesis con respecto a las varianzas de las dos distribuciones independientes, mediante el mismo procedimiento, nomenclatura y criterios de rechazo que para el caso de las rotondas 2c – 2e. (ver ecuaciones G.1, G.2 y G.3). Los resultados de las pruebas de hipótesis sobre las varianzas para las muestras de las rotondas "RLS 2c – 1e" y "RGB 1c – 1e", se presentan en la Tabla G.4:

Tabla G.4. Pruebas sobre las varianzas de las muestras de las rotondas "RLS 2c – 1e" y "RGB 1c – 1e".

$t_c$	RLS 2c - 1e	RGB 1c -1e	$t_f$	RLS 2c - 1e	RGB 1c -1e
$s^2$	0,167	0,079	$s^2$	0,163	0,118
<b>f</b>	2,122		<b>f</b>	1,381	
<b>n - 1</b>	165	197	<b>n - 1</b>	202	196
$f_{1-\alpha}$	1,390		$f_{1-\alpha}$	1,390	
$1/f_{1-\alpha}$	0,719		$1/f_{1-\alpha}$	0,719	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>			<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las varianzas no son significativamente iguales.			"No se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las varianzas son significativamente iguales.		

Se puede refutar la hipótesis nula para los  $t_c$ , lo que admite que hay suficiente razón para suponer que sus varianzas son iguales. Sin embargo, no se puede rechazar la hipótesis nula para el caso de las varianzas de los  $t_f$ , lo que permite suponer que estas son significativamente iguales.



Para el caso del  $t_f$  de ambas rotondas, se aplica la misma nomenclatura que se uso en el apartado anterior para la prueba de hipótesis con respecto a las medias (distribuciones normales e independientes) con varianzas iguales (prueba t de student). Los resultados de la prueba de hipótesis sobre las medias del  $t_f$  de las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e” con varianzas iguales, se presentan en la Tabla G.5:

Tabla G.5. Prueba sobre las medias del  $t_f$  de las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e” con varianzas iguales.

$t_f$	RLS 2c - 1e	RGB 1c -1e
$\bar{X}$	2,31	2,34
$s^2$	0,1635	0,1184
<b>n</b>	203	197
$t \geq t_{1-\alpha/2,m}$	1,962	
$t \leq t_{\alpha/2,m}$	-1,962	
$t_{\text{observado}}$	-0,6729	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"No se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las medias son significativamente iguales.		

No se puede refutar la hipótesis nula al verificarse los criterios de rechazo, lo que supone que hay suficiente razón para considerar que las medias de los  $t_f$  de las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e”, son significativamente iguales. En otras palabras, los datos recolectados en campo proporcionan evidencia suficiente para no rechazar la  $H_0$ .

Para el caso de los  $t_c$  de estas rotondas, se aplica la misma nomenclatura y criterios de rechazo que en el apartado anterior, para la prueba de hipótesis con respecto a las medias (distribuciones normales e independientes) con varianzas desiguales (prueba t de Welch). Los resultados de la prueba de hipótesis sobre las medias de los  $t_c$  en las muestras de las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e” con varianzas desiguales, se presentan en la Tabla G.6:

Tabla G.6. Prueba de medias de los  $t_c$  en las muestras de las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e” con varianzas desiguales.

$t_c$	RLS 2c - 1e	RGB 1c -1e
$\bar{X}$	3,56	3,60
$s^2$	0,1666	0,0785
<b>n</b>	166	198
$t_{1-\alpha/2}$	1,972	
$t_{\alpha/2}$	-1,972	
$t_{\text{observado}}$	-0,9760	
<b>v</b>	284,0	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"No se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las medias son significativamente iguales.		

No se puede refutar la hipótesis nula al verificarse los criterios de rechazo, lo que supone que hay suficiente razón para considerar que las medias de los  $t_c$  de las rotondas “RLS 2c – 1e” y “RGB 1c – 1e”, son significativamente iguales. Es decir, los datos de campo proporcionan evidencia suficiente para no rechazar la  $H_0$ .

**Rotondas RNM 2c – 2e y Combinación 2c – 2e.**

Del mismo modo, se efectuaron los test para verificar si la muestra aleatoria de la rotonda “RNM 2c – 2e” y de la combinación 2c – 2e poseen varianzas y medias significativamente iguales. Los resultados de las pruebas de hipótesis sobre las varianzas se presentan en la Tabla G.7:

Tabla G.7. Pruebas sobre las varianzas de las muestras de las rotondas “RNM 2c – 1e” y la Combinación “2c – 2e”.

t <sub>c</sub>		
Carril Izquierdo	RNM 2c - 2e	2c - 2e
s <sup>2</sup>	0,067	0,067
f	1,000	
n - 1	407	693
f <sub>1-α</sub>	1,280	
1/f <sub>1-α</sub>	0,781	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"No se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las varianzas <b>son</b> significativamente iguales.		

t <sub>c</sub>		
Carril Derecho	RNM 2c - 2e	2c - 2e
s <sup>2</sup>	0,082	0,082
f	1,000	
n - 1	296	399
f <sub>1-α</sub>	1,320	
1/f <sub>1-α</sub>	0,758	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"No se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las varianzas <b>son</b> significativamente iguales.		

t <sub>f</sub>		
Carril Izquierdo	RNM 2c - 2e	2c - 2e
s <sup>2</sup>	0,157	0,171
f	0,914	
n - 1	1020	1531
f <sub>1-α</sub>	1,110	
1/f <sub>1-α</sub>	0,901	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"No se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las varianzas <b>son</b> significativamente iguales.		

t <sub>f</sub>		
Carril Derecho	RNM 2c - 2e	2c - 2e
s <sup>2</sup>	0,152	0,154
f	0,989	
n - 1	1203	1370
f <sub>1-α</sub>	1,110	
1/f <sub>1-α</sub>	0,901	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"No se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las varianzas <b>son</b> significativamente iguales.		

No se puede rechazar la hipótesis nula, es decir, hay suficiente razón para suponer que las varianzas de los t<sub>c</sub> y t<sub>f</sub> de la RNM 2c – 2e y de la Combinación 2c – 2e son significativamente iguales.

Los resultados de las pruebas de hipótesis sobre las medias se presentan en la Tabla G.8:

Tabla G.8. Prueba sobre las medias del t<sub>f</sub> de las rotondas “RNM 2c – 2e” y la Combinación “2c – 2e” con varianzas iguales.

t <sub>c</sub>		
Carril Izquierdo	RNM 2c - 2e	Comb. 2c - 2e
$\bar{X}$	3,34	3,34
s <sup>2</sup>	0,0669	0,0669
n	408	694
$t \geq t_{1-\alpha/2,m}$	1,962	
$t \leq t_{\alpha/2,m}$	-1,962	
t <sub>observado</sub>	-0,000000006	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"No se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las medias son significativamente iguales.		

t <sub>c</sub>		
Carril Derecho	RNM 2c - 2e	Comb. 2c - 2e
$\bar{X}$	3,34	3,34
s <sup>2</sup>	0,0818	0,0818
n	297	400
$t \geq t_{1-\alpha/2,m}$	1,962	
$t \leq t_{\alpha/2,m}$	-1,962	
t <sub>observado</sub>	-0,000000008	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"No se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las medias son significativamente iguales.		

t <sub>f</sub>		
Carril Izquierdo	RNM 2c - 2e	Comb. 2c -2e
$\bar{X}$	2,11	2,14
s <sup>2</sup>	0,1566	0,1713
N	1021	1532
$t \geq t_{1-\alpha/2,m}$	1,962	
$t \leq t_{\alpha/2,m}$	-1,962	
t <sub>observado</sub>	-1,9093	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"No se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las medias son significativamente iguales.		

t <sub>f</sub>		
Carril Derecho	RNM 2c - 2e	Comb. 2c -2e
$\bar{X}$	2,05	2,06
s <sup>2</sup>	0,1518	0,1535
n	1204	1371
$t \geq t_{1-\alpha/2,m}$	1,962	
$t \leq t_{\alpha/2,m}$	-1,962	
t <sub>observado</sub>	-0,6955	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"No se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las medias son significativamente iguales.		

No se puede rechazar la hipótesis nula, es decir, hay suficiente razón para suponer que las medias de los t<sub>c</sub> y t<sub>f</sub> de la RNM 2c – 2e y la Combinación 2c – 2e son significativamente iguales.

**Rotondas RRB 2c – 2e y Combinación 2c – 2e.**

Igualmente, se efectuaron los test para verificar si la muestra aleatoria de la rotonda "RRB 2c – 2e" y de la combinación 2c – 2e poseen varianzas y medias significativamente iguales. Los resultados de las pruebas de hipótesis sobre las varianzas se presentan en la Tabla G.9:

Tabla G.9. Pruebas sobre las varianzas de las muestras de las rotondas "RRB 2c – 1e" y la Combinación "2c – 2e".

t <sub>c</sub>		
Carril Izquierdo	2c - 2e	RRB 2c -2e
s <sup>2</sup>	0,067	0,099
f	0,674	
n - 1	693	285
f <sub>1-α</sub>	1,320	
1/f <sub>1-α</sub>	0,758	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"Se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las varianzas no son significativamente iguales.		

t <sub>c</sub>		
Carril Derecho	2c - 2e	RRB 2c -2e
s <sup>2</sup>	0,082	0,014
f	5,865	
n - 1	399	102
f <sub>1-α</sub>	1,390	
1/f <sub>1-α</sub>	0,719	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"Se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las varianzas no son significativamente iguales.		

t <sub>f</sub>		
Carril Izquierdo	2c - 2e	RRB 2c -2e
s <sup>2</sup>	0,171	0,195
f	0,877	
n - 1	1531	510
f <sub>1-α</sub>	1,140	
1/f <sub>1-α</sub>	0,877	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"No se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las varianzas son significativamente iguales.		

t <sub>f</sub>		
Carril Derecho	2c - 2e	RRB 2c -2e
s <sup>2</sup>	0,154	0,160
f	0,959	
n - 1	1370	166
f <sub>1-α</sub>	1,300	
1/f <sub>1-α</sub>	0,769	
<b>RESULTADO DEL TEST DE VARIANZAS</b>		
"No se rechaza" la H <sub>0</sub> , es decir, hay razón para suponer que las varianzas son significativamente iguales.		

Para el caso de los t<sub>c</sub> se rechaza la hipótesis nula, es decir hay suficiente evidencia para suponer que las varianzas son significativamente desiguales. Para los t<sub>f</sub>, no se puede rechazar la hipótesis nula, es decir, hay suficiente razón para suponer que las varianzas son significativamente iguales.

Los resultados de las pruebas de hipótesis sobre las medias de los  $t_c$  (varianzas desiguales) se presentan en la Tabla G.10:

Tabla G.10. Prueba de medias de los  $t_c$  en las muestras de las rotondas "RRB 2c - 2e" y la Combinación "2c - 2e" con varianzas desiguales.

$t_c$		
Carril Izquierdo	Comb. 2c - 2e	RRB 2c -2e
$\bar{X}$	3,34	3,43
$s^2$	0,0669	0,0992
$n$	694	286
$t_{1-\alpha/2}$	1,972	
$t_{\alpha/2}$	-1,972	
$t_{\text{observado}}$	-4,2603	
$v$	451,0	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las medias no son significativamente iguales.		

$t_c$		
Carril Derecho	Comb. 2c - 2e	RRB 2c -2e
$\bar{X}$	3,34	3,17
$s^2$	0,0818	0,0140
$n$	400	103
$t_{1-\alpha/2}$	1,972	
$t_{\alpha/2}$	-1,972	
$t_{\text{observado}}$	9,3854	
$v$	406,0	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las medias no son significativamente iguales.		

Los resultados de las pruebas de hipótesis sobre las medias de los  $t_f$  (varianzas iguales) se presentan en la Tabla G.11:

Tabla G.11. Prueba sobre las medias del  $t_f$  de las rotondas "RRB 2c - 2e" y la Combinación "2c - 2e" con varianzas iguales.

$t_f$		
Carril Izquierdo	Comb. 2c - 2e	RRB 2c -2e
$\bar{X}$	2,14	2,20
$s^2$	0,1713	0,1953
$n$	1532	511
$t \geq t_{1-\alpha/2,m}$	1,962	
$t \leq t_{\alpha/2,m}$	-1,962	
$t_{\text{observado}}$	-2,914118812	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las medias no son significativamente iguales.		

$t_f$		
Carril Derecho	Comb. 2c - 2e	RRB 2c -2e
$\bar{X}$	2,06	2,14
$s^2$	0,1535	0,1601
$n$	1371	167
$t \geq t_{1-\alpha/2,m}$	1,962	
$t \leq t_{\alpha/2,m}$	-1,962	
$t_{\text{observado}}$	-2,404362196	
<b>RESULTADO DEL TEST DE MEDIAS</b>		
"Se rechaza" la $H_0$ , es decir, hay razón para suponer que las medias no son significativamente iguales.		

Visto los resultados de las pruebas de hipótesis para las medias de los  $t_c$  y los  $t_f$ , se rechaza la hipótesis nula, es decir hay suficiente evidencia para suponer que las medias son significativamente desiguales.

### ANEXO “H” Comparación de intervalos locales con otros países.

#### Comparación de $t_c$ y $t_f$ obtenidos por el método de Regresión Lineal del intervalo “t” y el número de vehículos que ingresan “n” para Rotondas de Córdoba.

Debe señalarse que los valores de los otros países son los obtenidos por máxima verosimilitud.

#### Rotondas 2c – 2e.

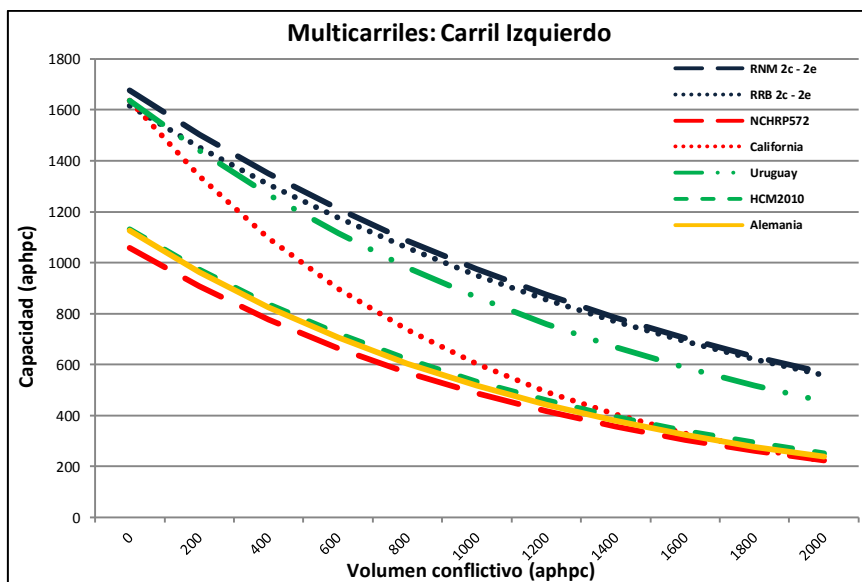
A partir de los valores de  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos por regresión lineal de “t” y “n” (Tabla 6.24), en la Tabla H.1 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril izquierdo:

Tabla H.1. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril izquierdo en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.

Rotondas Multicarriles	$t_c$	$t_f$	A	B
RNM 2c - 2e	3,02	2,15	1676	0,0005
RRB 2c - 2e	3,02	2,23	1616	0,0005
NCHRP 572	4,50	3,40	1059	0,0008
California	4,70	2,20	1636	0,0010
Uruguay	3,40	2,20	1636	0,0006
HCM2010	4,29	3,19	1130	0,00075
Alemania	4,40	3,20	1125	0,00078

En la Figura H.1 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y de otros países para el carril izquierdo en rotondas 2c – 2e.

Figura H.1. Curvas de Capacidad del carril izquierdo (2c – 2e) por regresión lineal de “t” y “n” en Córdoba y otros países.



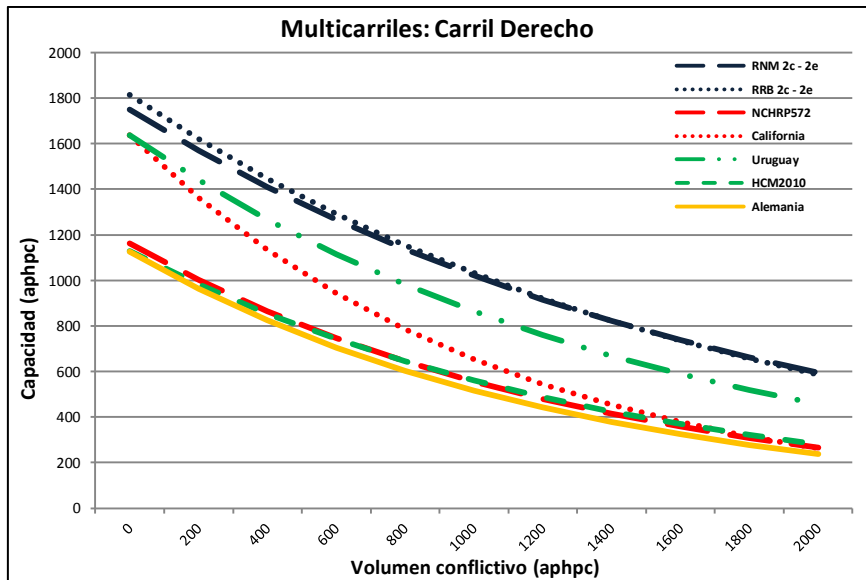
De la misma manera, en la Tabla H.2 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril derecho:

Tabla H.2. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril derecho en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.

Rotondas Multicarriles	$t_c$	$t_f$	A	B
RNM 2c - 2e	2,97	2,06	1749	0,0005
RRB 2c - 2e	3,02	1,99	1813	0,0006
NCHRP 572	4,20	3,10	1161	0,0007
California	4,40	2,20	1636	0,0009
Uruguay	3,40	2,20	1636	0,0006
HCM2010	4,11	3,19	1129	0,0007
Alemania	4,40	3,20	1125	0,00078

En la Figura H.2 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y otros países para el carril derecho en rotondas 2c – 2e.

Figura H.2. Curvas de Capacidad del carril derecho (2c – 2e) por regresión lineal de “t” y “n” en Córdoba y otros países.



**Rotondas 2c – 1e.**

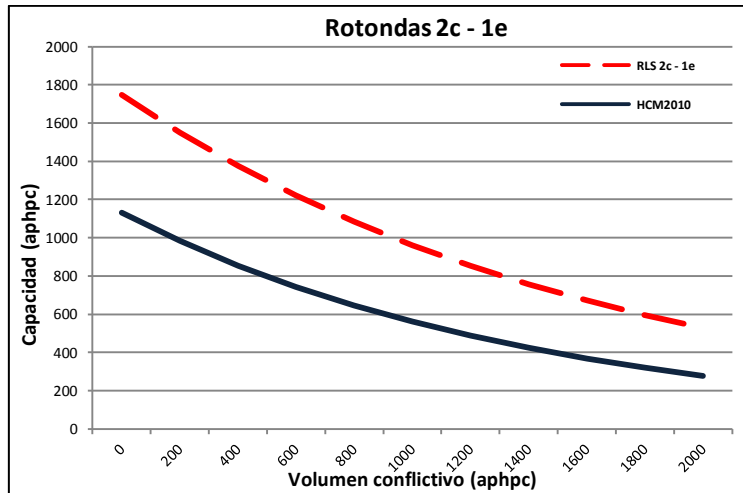
En la Tabla H.3 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril de entrada de una rotonda 2c – 1e:

Tabla H.3. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (2c – 1e) de Córdoba y del HCM2010.

Rotondas	$t_c$	$t_f$	A	B
RLS 2c - 1e	3,18	2,06	1746	0,0006
HCM2010	4,11	3,19	1130	0,0007

En la Figura H.3 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y del HCM2010 para rotondas 2c – 1e.

Figura H.3. Curvas de Capacidad del carril de entrada (2c – 1e) por regresión lineal de “t” y “n” en Córdoba y del HCM2010.



**Rotondas 1c – 1e.**

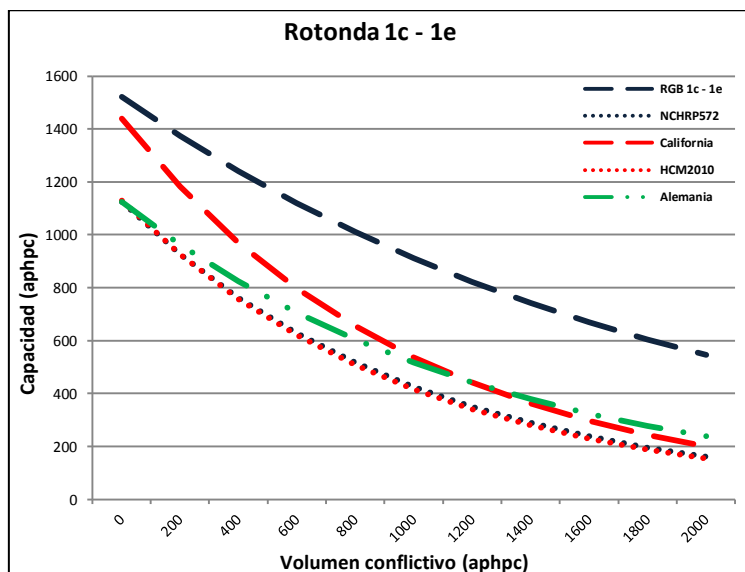
En la Tabla H.4 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril de entrada de una rotonda 1c – 1e:

Tabla H.4. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (1c – 1e) de Córdoba y otros países.

Rotondas	$t_c$	$t_f$	A	B
RGB 1c - 1e	3,03	2,36	1522	0,0005
NCHRP 572	5,10	3,20	1125	0,0010
California	4,80	2,50	1440	0,0010
HCM2010	5,19	3,19	1130	0,0010
Alemania	4,40	3,20	1125	0,0008

En la Figura H.4 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y otros países para rotondas 1c – 1e.

Figura H.4. Curvas de Capacidad del carril de entrada (1c – 1e) por regresión lineal de “t” y “n” en Córdoba y otros países.



**Comparación de  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos por el método de Regresión Lineal del “ $V_C$ ” y “C” para Rotondas de Córdoba.**

Debe señalarse que los valores de los otros países son los obtenidos por máxima verosimilitud.

**Rotondas 2c – 2e.**

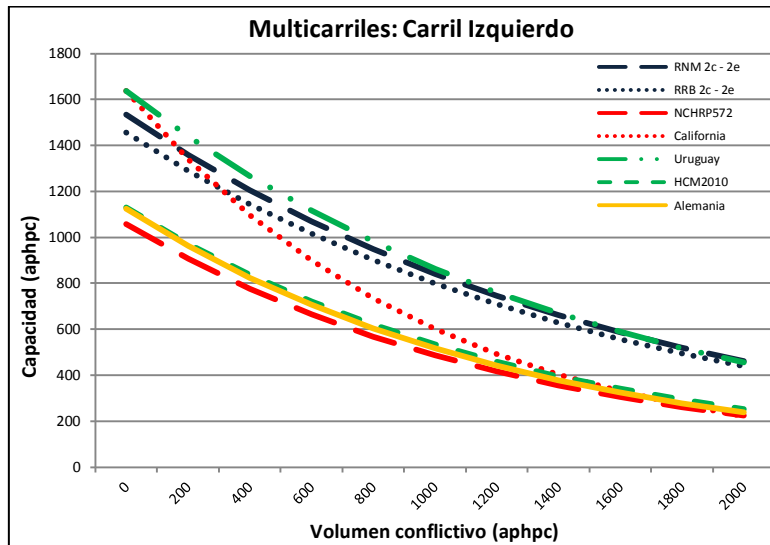
A partir de los valores de  $t_c$  y  $t_f$  obtenidos por regresión lineal de “ $V_C$ ” y “C” (Tabla 6.24), en la Tabla H.5 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril izquierdo:

Tabla H.5. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril izquierdo en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.

Rotondas Multicarriles	$t_c$	$t_f$	A	B
RNM 2c - 2e	3,33	2,35	1533	0,0006
RRB 2c - 2e	3,40	2,47	1455	0,0006
NCHRP 572	4,50	3,40	1059	0,0008
California	4,70	2,20	1636	0,0010
Uruguay	3,40	2,20	1636	0,0006
HCM2010	4,29	3,19	1130	0,00075
Alemania	4,40	3,20	1125	0,00078

En la Figura H.5 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y de otros países para el carril izquierdo en rotondas 2c – 2e.

Figura H.5. Curvas de Capacidad del carril izquierdo (2c – 2e) por regresión lineal de “ $V_C$ ” y “C” en Córdoba y otros países.



De la misma manera, en la Tabla H.6 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril derecho:

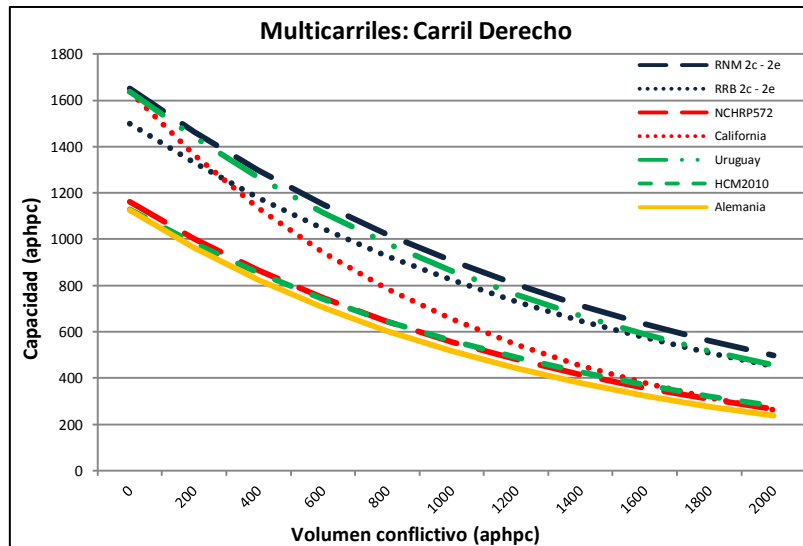


Tabla H.6. Comparación de los valores de “A” y “B” del carril derecho en rotondas (2c – 2e) de Córdoba y otros países.

Rotondas Multicarriles	$t_c$	$t_f$	A	B
RNM 2c - 2e	3,25	2,18	1651	0,0006
RRB 2c - 2e	3,36	2,40	1499	0,0006
NCHRP 572	4,20	3,10	1161	0,0007
California	4,40	2,20	1636	0,0009
Uruguay	3,40	2,20	1636	0,0006
HCM2010	4,11	3,19	1129	0,0007
Alemania	4,40	3,20	1125	0,00078

En la Figura H.6 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y otros países para el carril derecho en rotondas 2c – 2e.

Figura H.6. Curvas de Capacidad del carril derecho (2c – 2e) por regresión lineal de “ $V_c$ ” y “C” en Córdoba y otros países.



**Rotondas 2c – 1e.**

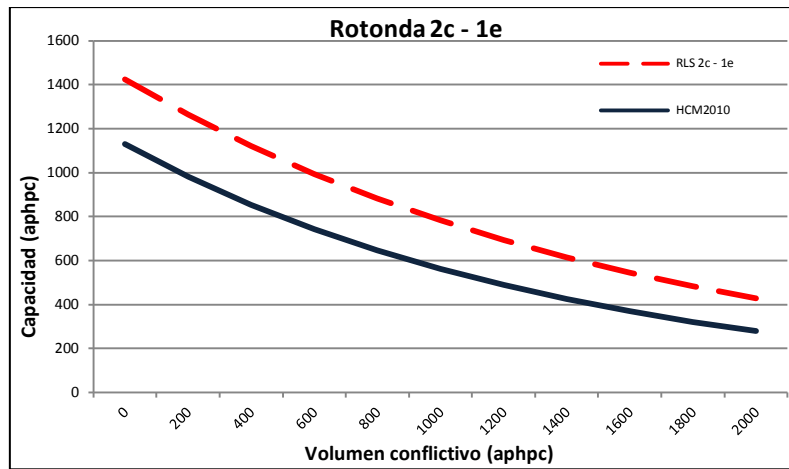
En la Tabla H.7 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril de entrada de una rotonda 2c – 1e:

Tabla H.7. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (2c – 1e) de Córdoba y del HCM2010.

Rotondas	$t_c$	$t_f$	A	B
RLS 2c - 1e	3,42	2,53	1425	0,0006
HCM2010	4,11	3,19	1130	0,0007

En la Figura H.7 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y del HCM2010 para rotondas 2c – 1e.

Figura H.7. Curvas de Capacidad del carril de entrada (2c – 1e) por regresión lineal de “V<sub>c</sub>” y “C” en Córdoba y del HCM2010.



**Rotondas 1c – 1e.**

En la Tabla H.8 se presentan los valores de “A” y “B” para el carril de entrada de una rotonda 1c – 1e:

Tabla H.8. Comparación de los valores de “A” y “B” en rotondas (1c – 1e) de Córdoba y otros países.

Rotondas	t <sub>c</sub>	t <sub>f</sub>	A	B
RGB 1c - 1e	3,52	2,71	1326	0,0006
NCHRP 572	5,10	3,20	1125	0,0010
California	4,80	2,50	1440	0,0010
HCM2010	5,19	3,19	1130	0,0010
Alemania	4,40	3,20	1125	0,0008

En la Figura H.8 se muestran las curvas de capacidad con los coeficientes de Córdoba y otros países para rotondas 1c – 1e.

Figura H.8. Curvas de Capacidad del carril de entrada (1c – 1e) por regresión lineal de “t” y “n” en Córdoba y otros países.

