

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y  
NATURALES

Maestría en Ciencias de la Ingeniería  
Mención en Transporte

ANALISIS DE DEMANDA PARA UNA LINEA DE  
TRANSPORTE MASIVO GUIADO A SOBRENIVEL  
EN LA CIUDAD DE CORDOBA

Autor: Ing. Oscar Milton Dapás

Director: M. Sc. Ing. Jorge José Galarraga

Tesis de Maestría en Transporte

Córdoba, 2011.

*A Roxana, mi esposa,  
a Agustina Zoe y Alexis Rafael, nuestros hijos.*

*Al movimiento scout que me dio desde muy niño, la ley y los principios para mi  
vida, llenándola con lo que los scouts llamamos el espíritu scout.*

*“Dejad al mundo mejor de cómo lo encontrasteis”*

*Robert Baden Powell*

## RESUMEN

El principal objetivo del trabajo consistió en explorar la factibilidad, desde el punto de vista de la demanda, de introducir a lo largo de un corredor predeterminado un medio de transporte masivo, de alta velocidad y de gran desarrollo tecnológico, como es el caso del tren elevado denominado monorriel.

Esta potencial línea de transporte público se extendería en forma radial, desde el centro de la ciudad hasta el sector noroeste del ejido municipal. Se procedió a estimar la demanda empleando modelos secuenciales de generación, distribución y asignación modal de los viajes. Se estimaron cuatro (4) horizontes temporales, el último correspondiente al año 2035.

En base a datos disponibles de encuestas domiciliarias de Origen y Destino realizadas en la Ciudad de Córdoba y de información correspondiente a población e ingreso per cápita, se formularon modelos de factor de crecimiento para modelar la generación y distribución de viajes en toda la ciudad. Se consideraron treinta y siete (37) zonas diferentes.

Para estimar la probabilidad de traspaso de actuales usuarios de ómnibus y de automóvil particular al tren elevado, se calibraron modelos probabilísticos basados en encuestas de Preferencias Declaradas. Los resultados obtenidos indicaron la importancia de las tarifas y tiempos de espera para los usuarios de ómnibus y la relevancia de la distancia a la parada para usuarios de automóvil particular.

Se consideraron tres escenarios diferentes: 1) Monorriel elevado con competencia del ómnibus (para tres relaciones entre tarifas Bus/Monorriel, 1:1, 1:1.15, 1:1.35); 2) Monorriel elevado, sin competencia del ómnibus en su franja de servicio de ancho igual a 1.000mts (500m a cada lado); y 3) Monorriel elevado sin competencia del ómnibus y con sistema alimentador en las zonas más alejadas del centro (23, 35 y 36).

Considerando las zonas correspondientes al nuevo medio de transporte público en estudio, los modelos obtenidos y diferentes escenarios de tarifas y de competencia con ómnibus, se calculó la demanda diaria y horaria pico que permitió dimensionar la línea.

Los resultados obtenidos muestran la gran importancia que revisten los actuales usuarios de ómnibus para la demanda futura del nuevo medio. La relación de tarifas y la exclusividad en zonas servidas afectan decisivamente dicha demanda.

Considerando umbrales de demanda mínima necesaria, la misma se alcanza en diferentes horizontes temporales durante el periodo de análisis, dependiendo del escenario analizado y del indicador empleado. Se ofrecen más detalles en el Capítulo final de conclusiones y recomendaciones.

---

**ABSTRACT**

## AGRADECIMIENTOS

Esta tesis de maestría, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte del autor y su director de tesis, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte a lo largo de esta tarea de formación profesional.

En primer lugar quiero agradecer a mi director de tesis el ingeniero **Jorge José Galarraga** por su compromiso y vocación docente y porque no, por su paciencia infinita. Así mismo quiero agradecer a mi amigo y cuñado el Dr. Ing. **Victor Alejandro Rinaldi** por el apoyo que me brindó en la redacción del trabajo.

A mis queridos compañeros de estudio el ingeniero **Alejandro Gustavo Baruzzi** y la ingeniera **María Laura Albrieu**, por que juntos crecimos en lo intelectual y en lo humano, generando un verdadero equipo de trabajo.

A mi profesor en el aula y en la vida, el ingeniero **Alberto Julio Uribarren**, quien me apoyó moral e intelectualmente a lo largo de la maestría, aportando siempre su sabio consejo en los momentos en que lo necesité.

A todo el cuerpo docente de la maestría, pero en especial al ingeniero **Pablo Arranz** que tuvo siempre la disposición de ayudarme cada vez que requerí reforzar mis conocimientos en estadística.

También a quienes sin conocerme y estando muy lejos de mí, colaboraron con la información necesaria para sostener técnica y científicamente mi trabajo, ellos son los ingenieros **Akio Okutsu y Masanobu Shimosaka**.

Por último mi agradecimiento al hacedor de todas las cosas, a **Dios**. Quien me puso en este mundo, para ser feliz y servir a mis hermanos por medio de mis capacidades. Gracias **Dios**, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

**INDICE GENERAL**

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>3</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>4</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>9</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>11</b>
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCION</b>	<b>15</b>
<b>1.1. EL TRANSPORTE PUBLICO URBANO</b>	<b>15</b>
<b>1.1.1. Externalidades del Transporte Público</b>	<b>15</b>
<i>1.1.1.1. Los Impactos Visuales</i>	<i>16</i>
<i>1.1.1.2. Las Emisiones Contaminantes</i>	<i>17</i>
<i>1.1.1.3. El Ruido</i>	<i>18</i>
<b>1.1.2. El Monorriel y sus Impactos</b>	<b>22</b>
<b>1.1.3. Circulo Vicioso Del Transporte Publico Urbano</b>	<b>23</b>
<b>1.2. ESCENARIO ACTUAL</b>	<b>24</b>
<b>1.3. OBJETIVO DE LA TESIS</b>	<b>25</b>
<b>1.3.1. Objetivo Principal</b>	<b>25</b>
<b>1.3.2. Objetivos Accesorios</b>	<b>26</b>
<b>1.4. METODOLOGIA DE TRABAJO</b>	<b>27</b>
<b>1.4.1. La Demanda</b>	<b>28</b>
<b>1.4.2. La Oferta</b>	<b>28</b>
<i>1.4.2.1. La Asignacion a La Red</i>	<i>28</i>
<i>1.4.2.2. El Medio de Transporte</i>	<i>28</i>
<b>1.5. CONTENIDO DE ESTA TESIS</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO 2. GENERACION Y DISTRIBUCION DE VIAJES</b>	<b>31</b>
<b>2.1. GENERACION</b>	<b>31</b>
<b>2.1.1. Prediccion de las Variables Independientes</b>	<b>32</b>
<i>2.1.1.1. Tratamiento de La Poblacion</i>	<i>32</i>
<i>2.1.1.2. Tratamiento de La Actividad Económica</i>	<i>34</i>
<b>2.2. DISTRIBUCION DE VIAJES</b>	<b>34</b>
<b>2.3. DESARROLLO</b>	<b>36</b>
<b>2.3.1. Generación</b>	<b>36</b>
<i>2.3.1.1. Proyeccion de La Poblacion para El Periodo de Diseño</i>	<i>36</i>
<i>2.3.1.2. Proyeccion de La Actividad Economica para El Periodo de Diseño</i>	<i>41</i>
<i>2.3.1.3. Factor de Crecimiento de los Viajes</i>	<i>45</i>
<b>2.3.2. Distribucion de Viajes</b>	<b>48</b>

<b>CAPÍTULO 3. MODELOS DE PREFERENCIAS DECLARADAS</b>	<b>51</b>
<b>3.1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>51</b>
3.1.1. Factores que Influyen en La Asignacion Modal	51
3.1.2. Modelos de Asignacion. Modelos de Eleccion Discreta	52
<b>3.2. ENCUESTAS DE PREFERENCIAS DECLARADAS</b>	<b>52</b>
3.2.1. Transporte Publico Masivo Versus Monorriel	53
3.2.2. Monorriel Versus Vehiculo Particular	60
<b>CAPÍTULO 4. ASIGNACION DE VIAJES</b>	<b>68</b>
<b>4.1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>68</b>
<b>4.2. ASIGNACION DIARIA DE LOS VIAJES</b>	<b>68</b>
4.2.1. Escenario I: Obtencion de La Matriz O-D para el Monorriel Elevado con Competencia Del Omnibus; o Asignacion de los Usuarios de los Medios Existentes, Medios Motorizados Individuales y Omnibus AL Nuevo Medio Monorriel	68
4.2.1.1. <i>Asignacion de Viajes. Situacion: Igual Tarifa para Ambos medios (Relacion 1:1).</i>	73
4.2.1.2. <i>Asignacion de Viajes. Situacion: Tarifa Bus \$1.3 Vs. Tarifa Monorriel \$1.50.(Relacion 1:1,15).</i>	76
4.2.1.3. <i>Asignacion de Viajes. Situacion: Tarifa Bus \$1.30 Vs. Tarifa Monorriel \$1.75 (Relacion 1:1,35).</i>	78
4.2.1.4. <i>Resumen Escenario I.</i>	79
4.2.2. Escenario II: Obtencion de La Matriz O-D para el Monorriel Elevado sin Competencia Del Omnibus, en su Franja de Servicio de Ancho Igual a 1.000 mts. (Solo para Relacion de Tarifas 1:1)	80
4.2.2.1. <i>Asignacion de Viajes para Escenario II.</i>	80
4.2.2.2. <i>Resumen Escenario II.</i>	82
4.2.3. Escenario III: Obtencion de La Matriz O-D para el Monorriel Elevado sin Competencia Del Omnibus, y con un Sistema Alimentador en las Zonas mas alejadas del Centro (Sector 3, Zonas 23, 35 y 36).	82
4.2.3.1. <i>Asignacion de Viajes para Escenario III.</i>	83
4.2.3.2. <i>Resumen Escenario III.</i>	84
4.2.4. Resumen de todos los Escenarios para Tarifas Iguales	84
<b>4.3. ASIGNACION HORARIA DE LOS VIAJES</b>	<b>85</b>
4.3.1. Escenario I: Monorriel Elevado con Competencia del Omnibus	86
4.3.2. Escenario II: Monorriel Elevado sin Competencia del Omnibus	86
4.3.3. Escenario III: Monorriel Elevado sin Competencia del Omnibus y con Sistema Alimentador em Zonas mas Alejadas Del centro (Sector 3, Zonas 23, 35 y 36).	87
<b>4.4. VALIDACION</b>	<b>87</b>
4.4.1. Obtencion de La Matriz O-D para el Omnibus, Año 2003	87
4.4.2. Corte de Boletos.	88

<b>4.5. RAMALES <math>R_1</math> Y <math>R_2</math></b>	<b>90</b>
4.5.1. Asignacion de Viajes para Ramal $R_1$ .	91
4.5.2. Asignacion de Viajes para Ramal $R_2$ .	92
<b>CAPÍTULO 5. DIMENSIONAMIENTO DE LA LINEA NOROESTE DEL MONORRIEL</b>	<b>93</b>
<b>5.1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>93</b>
<b>5.2. RECORRIDOS</b>	<b>93</b>
5.2.1. Recorrido Troncal (T).	93
5.2.2. Ramales Secundarios.	93
5.2.2.1. <i>Ramal Secundario por Avenida Ricardo Rojas (<math>R_1</math>).</i>	93
5.2.2.2. <i>Ramal Secundario por Boulevard E. Spilimbergo (<math>R_2</math>).</i>	93
<b>5.3. TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS – CONCEPTOS FUNDAMENTALES</b>	<b>94</b>
5.3.1. Capacidad.	94
5.3.2. Movimientos de Pasajeros.	94
5.3.3. Capacidad de Pasajeros.	94
5.3.4. Nivel de Servicio.	98
<b>5.4. OFERTA TECNOLÓGICA</b>	<b>99</b>
5.4.1. Características Técnicas Del Monorriel Elevado.	99
5.4.2. Capacidad Del Sistema (para carga tope o crítica).	102
<b>5.5. DESARROLLO</b>	<b>103</b>
5.5.1. Monorriel Elevado con Competencia del Omnibus.	104
5.5.1.1. <i>Situación: Tarifa Bus Igual a Tarifa Monorriel (Relación 1:1).</i>	104
5.5.1.2. <i>Situación: Tarifa Bus Vs. Tarifa Monorriel (Relación 1:1,15).</i>	106
5.5.1.3. <i>Situación: Tarifa Bus Vs. Tarifa Monorriel (Relación 1:1,35).</i>	106
5.5.2. Monorriel Elevado sin Competencia del Omnibus, en su Franja de Servicio de 1.000 mts.	107
5.5.3. Monorriel Elevado sin Competencia del Omnibus con Sistema Alimentador.	107
5.5.4. Resumen de los Escenarios.	107
5.5.4.1. <i>Viajes Diarios en Monorriel.</i>	107
5.5.4.2. <i>Viajes en Monorriel en Hora Pico en Segmento de Mayor Demanda.</i>	108
5.5.4.3. <i>Maxima Capacidad Utilizada.</i>	109
5.5.5. Ramales $R_1$ y $R_2$ .	109
5.5.5.1. <i>Ramal <math>R_1</math>.</i>	110
5.5.5.2. <i>Ramal <math>R_2</math>.</i>	110
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES</b>	<b>112</b>
<b>6.1. INTRODUCCION</b>	<b>112</b>
<b>6.2. SOBRE GENERACION Y DISTRIBUCION DE VIAJES</b>	<b>112</b>



<b>6.3. SOBRE LOS MODELOS DE PREFERENCIAS DECLARADAS</b>	<b>113</b>
<b>6.4. SOBRE LA ASIGNACION DE VIAJES</b>	<b>113</b>
<b>6.5. SOBRE EL DIMENSIONADO DE LA LINEA NOROESTE DEL MONORRIEL</b>	<b>114</b>
<b>6.6. SOBRE LA PRE FACTIBILIDAD DE LA LINEA DEL MONORRIEL</b>	<b>115</b>
<b>6.6.1. Comparacion con Lineas de Monorrieles en Operación con Características Similares.</b>	<b>115</b>
<b>6.6.2. Considerando el Indicador de Densidad de Tránsito.</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO 1 MATRICES ORIGEN – DESTINO DE LA CIUDAD DE CORDOBA.</b>	<b>119</b>
<b>A1.1. MATRIZ ORIGEN – DESTINO AÑO 2003</b>	<b>119</b>
<b>A1.2. MATRIZ ORIGEN – DESTINO AÑO 2010</b>	<b>120</b>
<b>A1.3. MATRIZ ORIGEN – DESTINO AÑO 2020</b>	<b>121</b>
<b>A1.4. MATRIZ ORIGEN – DESTINO AÑO 2030</b>	<b>122</b>
<b>A1.4. MATRIZ ORIGEN – DESTINO AÑO 2035</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO 2 RESULTADOS DE ENCUESTAS DE PREFERENCIAS DECLARADAS</b>	<b>124</b>
<b>A2.1. ENCUESTA MONORRIEL VS OMNIBUS</b>	<b>124</b>
<b>A2.2. ENCUESTA MONORRIEL VS. AUTOMOVIL PARTICULAR</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 3 MATRICES PORCENTUALES.</b>	<b>126</b>
<b>A3.1. MATRIZ PORCENTUAL PARA MEDIOS MASIVOS</b>	<b>126</b>
<b>A3.2. MATRIZ PORCENTUAL PARA MEDIOS INDIVIDUALES</b>	<b>127</b>
<b>ANEXO 4 MATRICES ORIGEN – DESTINO DEL ITINERARIO DE LA LINEA.</b>	<b>128</b>
<b>A4.1. ESCENARIO I</b>	<b>128</b>
<b>A4.1.1. Relacion de Tarifas (1:1)</b>	<b>128</b>
<b>A4.1.2. Relacion de Tarifas (1:1,15)</b>	<b>129</b>
<b>A3.1.3. Relacion de Tarifas (1:1,35)</b>	<b>130</b>
<b>A4.2. ESCENARIO II</b>	<b>131</b>
<b>A4.3. ESCENARIO III</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO 5 COSTO DE LA OBRA CIVIL</b>	<b>133</b>
<b>A5.1. INTRODUCCION</b>	<b>133</b>
<b>A5.2. COMPONENTES DE LA OBRA CIVIL DE LA LINEA</b>	<b>133</b>
<b>A5.2.1. Infraestructura de la Via.</b>	<b>133</b>
<b><i>A5.2.1.1. Estructura de Apoyo para Llínea con Ambos Sentidos de Circulacion Separados.</i></b>	<b>133</b>
<b><i>A5.2.1.2. Estructura de Apoyo para Llínea con Ambos Sentidos de Circulacion Sobre una Unica Viga.</i></b>	<b>134</b>
<b><i>A5.2.1.3. Estructura de Fundacion.</i></b>	<b>136</b>
<b>A5.2.2. Equipamiento de la Linea.</b>	<b>136</b>
<b><i>A5.2.2.1. Estaciones.</i></b>	<b>136</b>
<b><i>A5.2.2.2. Depositos, Talleres, Oficinas y Centro de Comando.</i></b>	<b>137</b>

<b>A5.3. COMPUTO Y PRESUPUESTO</b>	<b>138</b>
<b>A5.3.1. Computo de Vigas.</b>	<b>138</b>
<b>A5.3.2. Computo de Pilas y Fundaciones.</b>	<b>139</b>
<b><i>A5.3.2.1. Fundacion y Pilas en Sector A.</i></b>	<b>139</b>
<b><i>A5.3.2.2. Fundacion y Pilas en Sector B.</i></b>	<b>139</b>
<b>A5.3.3. Computo de Estaciones.</b>	<b>140</b>
<b>A5.3.4. Computo y Presupuesto Final de Obra Civil.</b>	<b>141</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>142</b>

**INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.1. Niveles de ruido y medios de transporte. (Jhon W. Dickey, 1977).</b>	<b>21</b>
<b>Figura 1.2. Niveles de ruido Diesel Vs. Electrico (Jhon W. Dickey, 1977).</b>	<b>22</b>
<b>Figura 1.3. Circulo “Vicioso” Del transporte (Buchanan, C, 1964)..</b>	<b>24</b>
<b>Figura 1.4. Trazado de la línea de monorriel propuesta para la ciudad de Córdoba.</b>	<b>27</b>
<b>Figura 1.5. Modelos de generacion de transporte de autopista (Uribarren Alberto J, 1999).</b>	<b>30</b>
<b>Figura 2.1. Zonificacion de La ciudad de Cordoba (I.S.I.T, 2000).</b>	<b>33</b>
<b>Figura 2.2. Evolucion de los viajes.</b>	<b>47</b>
<b>Figura 2.3. Estimacion de los viajes por habitante.</b>	<b>47</b>
<b>Figura 3.2. Probabilidad de elegir el monorriel. (Transporte publico VS. Monorriel)</b>	<b>59</b>
<b>Figura 3.3. Probabilidad de elegir el monorriel. (Vehiculo Particular VS. Monorriel)</b>	<b>66</b>
<b>Figura 4.1. Traza de La línea de monorriel.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 4.2. Lineas de circunvalacion.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 4.3. Viajes diarios monorriel para el escenario I.</b>	<b>80</b>
<b>Figura 4.4. Viajes diarios en monorriel para el escenario II.</b>	<b>82</b>
<b>Figura 4.5. Viajes diarios en monorriel para el escenario III.</b>	<b>84</b>
<b>Figura 4.6. Viajes diarios en monorriel para todos los escenarios.</b>	<b>85</b>
<b>Figura 4.7. Distribucion horaria del corte de boletos por zona (Municipalidad de Cordoba, 2003)</b>	<b>85</b>
<b>Figura 4.8. Variacion porcentual diaria del corte de boletos.</b>	<b>86</b>
<b>Figura 4.9. Lineas de omnibus en zonas 23, 35 y 36.</b>	<b>89</b>
<b>Figura 5.1. Trazado de La línea de monorriel propuesta.</b>	<b>94</b>
<b>Figura 5.2. Esquema bidimensional para determinar el nivel de servicio (TRB,2003).</b>	<b>98</b>
<b>Figura 5.3. “Hitachi Small” Unicad de 2 vagones (Hitachi, 2001).</b>	<b>100</b>
<b>Figura 5.4. Unidad de 4 vagones y estructura de soporte (Hitachi, 2001).</b>	<b>101</b>
<b>Figura 5.5. Viajes diarios en monorriel, resumen de escenarios.</b>	<b>108</b>
<b>Figura 5.6. PHP en monorriel, resumen de escenarios</b>	<b>108</b>
<b>Figura 5.7. Viajes en monorriel en hora pico en segmento de mayor demanda. Escenario III</b>	<b>109</b>
<b>Figura 5.8. Capacidad utilizada del monorriel em porcentual, para escenario I.</b>	<b>109</b>
<b>Figura 6.1. Campo de aplicacion para cada medio de transporte urbano en Japon (Nehashi, 1998).</b>	<b>117</b>
<b>Figura A5.1. Viga – via (Hitachi Co, 2005).</b>	<b>133</b>
<b>Figura A5.2. Corte transversal de estructura para dos vias.</b>	<b>134</b>

<b>Figura A5.3. Corte transversal de estructura para unica via.</b>	<b>135</b>
<b>Figura A5.4. Ubicacion geográfica de lãs estaciones.</b>	<b>137</b>
<b>Figura A5.5. Corte transversal de estructura de estacion sobre vias Del ferrocarril.</b>	<b>138</b>

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.1. Capacidades maximas, en pasajeros/hora segun el médio de transporte. (Uribarren Alberto J, 1999)</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 1.2. Niveles de ruido y sus efectos. (SEDESOL, 1999)</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 1.3. Niveles de ruido para distintos tipos de actividades. (SEDESOL, 1999)</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 2.1. Poblacion de la ciudad de Cordoba. (Municipalidad de Cba, 2009).</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 2.2. Poblacion estimada de la ciudad de Cordoba.</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 2.3. P.B.I. nacional, P.B.G. provincial y de Cba capital, e I.P.C. de la ciudad de Cordoba. (Gerencias de estadísticas y censos de la provincia de Cordoba, 2009).</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 2.4. Población estimada por zonas.</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 2.5. Poblaciones estimadas definitivas por zonas.</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 2.6. Factores de crecimiento por población.</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 2.7. Evolucion del P.B.I. en periodos de 30 años desde 1935 a 2003. (Datos elaborados de estadísticas del INDEC, 2005).</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 2.8. Proyeccion Del P.B.G. para la ciudad de Cordoba.</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 2.9. Proyeccion del I.P.C. para la ciudad de Cordoba.</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 2.10. Variacion porcentual del crecimeinto del IPC para la ciudad de Cordoba.</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 2.11. Valores del P.B.I. e I.P.C. nacionales y P.B.G. e I.P.C. de la ciudad de Cordoba. (Gerencias de estadísticas y censos de la provincia de Cordoba, 2009).</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 2.12. Viajes totales en la ciudad de Cordoba.</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 2.13. Variacion del I.P.C.</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 2.14. Elasticidad viajes/I.P.C. para la ciudad de Cordoba.</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 2.15. Elasticidad viajes/I.P.C. para la ciudad de Cordoba, calculados com valores de I.P.C. nacional.</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 2.16. Factores de crecimiento de los viajes por variacion del I.P.C.</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 2.17. Factores de crecimeinto de los viajes por períodos de tiempo.</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 2.18. Viajes totales estimados y viajes por habitante.</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 2.19. Coeficientes F y L.</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 2.20. Segunda iteracion Matriz O – D año 2035.</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 3.1. Iteracion nº 1 del programa e-views 3.1.</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 3.2. Iteracion nº 2 del programa e-views 3.1.</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 3.3. Iteracion nº 3 del programa e-views 3.1.</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 3.4. Iteracion nº 4 del programa e-views 3.1.</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 3.5. Iteracion nº 5 del programa e-views 3.1.</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 3.6. Probabilidad y resultados de encuestas.</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 3.7. Valores de Utilidades y probabilidades de elegir el monorriel. (Monorriel vs Omnibus).</b>	<b>60</b>

<b>Tabla 3.8. Iteracion para alternativa n° 1, programa e-views 3.1.</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 3.9. Iteracion para alternativa n° 2, programa e-views 3.1.</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 3.10. Valores del test de redundancia.</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 3.11. Iteracion para alternativa n° 3, programa e-views 3.1.</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 3.12. Probabilidad y resultados de encuestas (Monorriel vs Vehiculo particular).</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 3.13. Valores de utilidades y probabilidades de elegir El monorriel (Monorriel vs Automovil Particular).</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 4.1. Porcentaje de la particion modal de viajes motorizados individuales.</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 4.2. Porcentajes adoptados de corrimiento del vehiculo motorizado individual al monorriel.</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 4.3. Viajes diários por zona, para igual tarifa.</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 4.4. Viajes diários al centro y zonas antes del mismo (por zona), para igual tarifa.</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 4.5. Viajes diarios pasantes al centro (por zona), para igual tarifa.</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 4.6. Viajes aportados por usuários de automoviles.</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 4.7. Viajes aportados por usuários de omnibus.</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 4.8. Fracciones de zonas servidas por el monorriel.</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 4.9. Tasas de viajes por hectarea para escenario I.</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 4.10. Viajes diarios en monorriel para igual tarifa.</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 4.11. Viajes diários (por zona), para relacion de tarifaz 1:1,15.</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 4.12. Viajes diários al centro y zonas antes del mismo (por zona), para relacion de tarifas (1:1.15).</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 4.13. Viajes diários pasantes al centro para relacion de tarifas (1:1.15).</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 4.14. Viajes diários en monorriel para relacion de tarifas 1:1,15.</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 4.15. Viajes diários (por zona), para relacion de tarifaz 1:1,35.</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 4.16. Viajes diários al centro y zonas antes del mismo (por zona), para relacion de tarifas (1:1.35).</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 4.17. Viajes diários pasantes al centro para relacion de tarifas (1:1.35).</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 4.18. Viajes diários en monorriel para relacion de tarifas 1:1,35.</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 4.19. Viajes diários en monorriel para distintas relaciones de tarifas.</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 4.20. Viajes diarios (por zona), escenario II.</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 4.21. Viajes diários al centro y zonas antes del mismo (por zona), escenario II.</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 4.22. Viajes diários pasantes al centro (por zona), escenario II.</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 4.23. Tasas de viajes por hectarea, escenario II.</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 4.24. Viajes diarios en monorriel sin competencia del omnibus, escenario II.</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 4.25. Viajes diarios (por zona), escenario III.</b>	<b>83</b>

<b>Tabla 4.26. Viajes diarios en monorriel, escenario III.</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 4.27. Resumen viajes diarios en monorriel para cada escenario.</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 4.28. Viajes en hora pico en monorriel, escenario I.</b>	<b>86</b>
<b>Tabla 4.29. Viajes en hora pico en monorriel, escenario II.</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 4.30. Viajes en hora pico en monorriel, escenario III.</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 4.31. Corte de boletos en un sentido. (Municipalidad de Cordoba, 2003).</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 4.32. Viajes generados en zonas 23, 35 y 36.</b>	<b>90</b>
<b>Tabla 4.33. Superficie servida por ramal <math>R_1</math>, en cada zona.</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 4.34. Superficie servida por ramal <math>R_2</math>, en zona 23.</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 4.35. Viajes en zonas 35 y 36.</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 4.36. Tasas de viajes por hectarea, en zonas 35 y 36.</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 4.37. Viajes en monorriel para ramal <math>R_1</math>.</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 4.38. Viajes en zona 23.</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 4.39. Tasas de viajes por hectarea, en zona 23.</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 4.40. Viajes en monorriel para ramal <math>R_2</math>.</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 5.1. Nivel de servicio, personas por vehiculo. (Hitachi Co, 2005).</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 5.2. Características técnicas del monorriel. (Hitachi, 2001).</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 5.3. Viajes por segmentos del itinerario.</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 5.4. Demanda por segmento del itinerario para el año 2010.</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 5.5. PHP, N e I para relacion de tarifas 1:1.</b>	<b>105</b>
<b>Tabla 5.6. PHP, N e I para relacion de tarifas 1:1,15.</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 5.7. PHP, N e I para relacion de tarifas 1:1,35.</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 5.8. PHP, N e I para escenario I.</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 5.9. PHP, N e I para escenario II.</b>	<b>107</b>
<b>Tabla 5.10. PHP, N e I para escenario III.</b>	<b>107</b>
<b>Tabla 5.11. Viajes diarios en monorriel para cada escenario.</b>	<b>107</b>
<b>Tabla 5.12. PHP en monorriel para cada escenario.</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 5.13. Demanda diaria ramal <math>R_1</math>.</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 5.14. Demanda en hora pico ramal <math>R_1</math>.</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 5.15. PHP, N, e I para ramal <math>R_1</math>.</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 5.16. Demanda diaria ramal <math>R_2</math>.</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 5.17. Demanda en hora pico ramal <math>R_2</math>.</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 5.18. PHP, N, e I para ramal <math>R_2</math>.</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 6.1. Demanda en monorrieles en operación. (The Monorail Society, 2010).</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 6.2. Viajes o pasajeros dia por kilometro de línea, por escenario.</b>	<b>115</b>
<b>Tabla 6.3. Densidades de tránsito por escenario.</b>	<b>118</b>

---

<b>Tabla A2.1. Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 8 km. Del centro. (Sector 1). Monorriel vs omnibus.</b>	<b>124</b>
<b>Tabla A2.2. Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 8 a 14 km. Del centro. (Sector 2). Monorriel vs omnibus.</b>	<b>124</b>
<b>Tabla A2.3. Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 14 a 20 km. Del centro. (Sector 3). Monorriel vs omnibus.</b>	<b>124</b>
<b>Tabla A2.4. Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 8 km. Del centro. (Sector 1). Monorriel vs automvi particular.</b>	<b>125</b>
<b>Tabla A2.5. Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 8 a 14 km. Del centro. (Sector 2). Monorriel vs automovil particular.</b>	<b>125</b>
<b>Tabla A2.6. Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 14 a 20 km. Del centro. (Sector 3). Monorriel vs automovil particular.</b>	<b>125</b>
<b>Tabla A5.1. Compuo métrico de vigas.</b>	<b>139</b>
<b>Tabla A5.2. Compuo métrico de pilas y fundaciones. Sector A.</b>	<b>139</b>
<b>Tabla A5.3. Compuo métrico de pilas y fundaciones. Sector B.</b>	<b>140</b>
<b>Tabla A5.4. Compuo métrico de pilas y fundaciones. Ramales R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>.</b>	<b>140</b>
<b>Tabla A5.5. Compuo de estaciones.</b>	<b>140</b>
<b>Tabla A5.6. Compuo y presupuesto final de la obra civil.</b>	<b>141</b>



## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

#### **I.1 EL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO.**

El transporte público a nivel mundial no ha experimentado demasiados cambios. Aspectos tales como la congestión, la contaminación, los accidentes y el déficit financiero de las empresas involucradas en el mismo no han sufrido importantes variaciones hasta la fecha (Ortúzar y Willumsen, 2001).

El tratamiento de estos problemas en particular en los países en desarrollo, se ve enmarcado por situaciones específicas tales como: bajos ingresos, rápida urbanización sin mayor planificación de la misma, una fuerte demanda por el servicio público y escasez de recursos, tanto económicos como financieros, de datos y personal calificado (Ortúzar, 2003).

La tecnología hoy brinda la posibilidad de progresar en los sistemas de control y guiado, en infraestructuras de concepción avanzada, etc., volcando la preocupación hacia los factores humano y técnico, ya que la planificación del transporte requiere de profesionales altamente capacitados y de técnicas de modelización sólidas con apoyo informático, de manera de tal, de diseñar una metodología de planificación a largo plazo.

##### **I.1 .1 Externalidades del Transporte Público**

El transporte, genera costos que están dados por sus externalidades, entre las que pueden mencionarse fundamentalmente las siguientes:

- Congestión.
- Ruido.
- Contaminación atmosférica (emisiones):
  - SO<sub>x</sub>, óxidos de azufre.
  - CO<sub>2</sub> y CO, dióxido de carbono y monóxido de carbono.
  - NO<sub>x</sub>, óxidos nitrosos.
  - HC, hidrocarburos producidos por combustión incompleta.
  - Material particulado, provenientes de neumáticos, pastillas de freno, etc. que se encuentran en la atmósfera.
- Accidentalidad.
- Contaminación visual.
- Consumo de energía.

La capacidad del transporte público hace que se produzca una sensible baja en estas externalidades, disminuyendo la participación del automóvil particular. Esto es así, debido a las equivalencias en la capacidad de transporte entre los distintos medios, tal como se aprecia en tabla 1.1.

**Tabla 1.1:** Capacidades máximas, en pasajeros/ hora según el medio de transporte (Uribarren Alberto J, 1999)

MEDIOS EN HORA PICO	EN INFRAESTRUCTURA PROPIA	EN RED VIAL
Automóvil, con 1.3 pas/un.		2400
Tranvía de dos ejes articulado.	9800 a 18600	4900 a 9300
Ómnibus de dos ejes articulado.	9600 a 12300	4800 a 6200
Trolebús de dos ejes articulado.	8800 a 12000	4400 a 6000
Monorriel elevado	9000 a 12000	
Metro en formación de 8 vagones.	50000	

Entre las externalidades citadas, el sistema de transporte genera una diversidad de impactos ambientales (O`Ryan, 1998). Por ello, resulta imprescindible, la estimación de los posibles impactos, a fin de tener una idea de cómo repercutirá en el hábitat humano la irrupción de un medio de transporte de propulsión eléctrica, como es el caso del monorriel.

Se esboza a continuación, el análisis de los distintas externalidades del transporte que son consideradas.

- Impactos visuales.
- Emisiones contaminantes.
- Ruido.

#### ***1.1.1.1. Los impactos visuales***

Los impactos visuales, resultan difícil de medir y predecir, están referidos a los efectos que pueden derivarse de las interferencias visuales de los medios de transporte.

Es menester a fin de mitigar los impactos visuales, atender los siguientes preceptos:

1. Incompatibilidad panorámica: No debe resaltar en el entorno urbano, debe armonizar su estética con el paisaje urbano existente, a fin de mitigar el impacto visual.
2. Obstaculización de vistas panorámicas existentes: El vehículo ni su estructura deben obstaculizar las vistas de elementos de importancia en el paisaje urbano, como edificaciones históricas, museos, paseos y parques, etc.
3. Creación de discontinuidades en la estructura urbana: El efecto barrera a veces generado por la infraestructura destinada a la circulación del medio, debe ser mitigado y no representar un obstáculo a la circulación entre zonas.
4. Pérdida de la luz solar: La infraestructura, ni el vehículo deben obstaculizar la iluminación en el ambiente urbano, tampoco la proyección de sombras sobre la calzada debe ser tal que confunda a los conductores.
5. Pérdida de privacidad: La separación entre la infraestructura del medio y la propiedad privada, como en el caso de las autopistas urbanas o del monorriel, debe ser tal que no impacte en la intimidad de quienes viven en el entorno.

### ***1.1.1.2 Las emisiones contaminantes***

Existen dos tipos de fuentes de emisión de contaminantes generados por el hombre:

1. Fuentes fijas: Son las centrales termoeléctricas, las industrias y los incineradores de residuos
2. Fuentes móviles: Son las correspondientes al transporte automotor, como colectivos, autos motos, etc.

Los principales contaminantes que afectan al medio ambiente son:

1. Monóxido de Carbono (CO):

Es un gas inodoro, incoloro é insípido. De ser inhalado, reduce a la sangre la capacidad de absorber oxígeno. El monóxido de carbono se produce por la combustión incompleta del combustible, falta de oxígeno en la mezcla y se observa, además, en motores bien regulados y en buenas condiciones de funcionamiento.

2. Óxidos de nitrógeno (Nox):

Se denominan (Nox), generalmente, a la combustión de monóxido de nitrógeno (NO) y de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El monóxido de nitrógeno (NO) no tiene color, pero en contacto con el oxígeno (O<sub>2</sub>) de la atmósfera se forma un dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) de color castaño que ataca el sistema respiratorio. Los Nox se forman debido a la reacción del nitrógeno (N<sub>2</sub>), que compone nuestra atmósfera (casi el 80%), con el oxígeno (O<sub>2</sub>). Esta reacción ocurre debido a las altas temperaturas en la cámara de combustión, cerca de 1300°C.

3. Hidrocarburos (HC):

Son subproductos de una combustión incompleta ( o sea, evacuación de combustible sin quemar). En determinadas situaciones se verifica la presencia de HC, tales como en la puesta en marcha de motor frio, debido a la baja temperatura de las paredes del cilindro que hace necesario el enriquecimiento de la mezcla. La presencia de HC en el escape se mide en partes por millón (ppm).

4. Material Particulado:

Desde el tubo de escape, re-suspensión del polvo de las calles, desgaste de frenos y neumáticos (hollín, Metales Pesados tales como Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Se y Zn, asbesto, caucho).

5. Óxidos de Azufre (Sox):

Por combustibles e industrias que utilizan azufre. Es un gas incoloro, de olor irritante. Interviene en la formación de lluvia ácida.

### **El caso del vehículo eléctrico**

El primer efecto favorable de los vehículos eléctricos es la baja o nula contaminación directa en su utilización (CONAE, 2002). A diferencia de los vehículos de combustión, cuyo movimiento se produce a consecuencia de la quema de combustibles pesados orgánicos que trae como consecuencia la emisión al exterior de CO y otros contaminantes, el vehículo eléctrico no interviene de forma directa en el aumento de la contaminación en las ciudades y por lo tanto en el crecimiento del efecto invernadero en el planeta. Para que la comparación de emisiones contaminantes entre los dos tipos de vehículos sea válida, se ha de comparar el ciclo completo de emisiones, es decir desde la producción de la energía necesaria, hasta la utilización directa por el

vehículo. Así, mientras el automóvil eléctrico no genera contaminación alguna durante el consumo de la energía, si la produce durante la producción de la energía eléctrica necesaria para su operación, por ejemplo en las centrales térmicas. Sin embargo, esta contaminación está más localizada, y por tanto se puede controlar más fácilmente.

### **Algunas Características de los Vehículos Eléctricos.**

Estudios realizados en varios países han mostrado que los vehículos eléctricos tienen emisiones mucho más bajas de hidrocarburos y monóxido de carbono que los (vehículos de combustión interna). Lo que significa menos ozono a nivel del suelo que contribuye a la contaminación.

Se ha observado que los vehículos eléctricos son una alternativa más limpia con respecto a los vehículos convencionales en áreas altamente congestionadas y contaminadas.

Los vehículos eléctricos son más eficientes que los de combustión interna bajo condiciones normales de manejo. A diferencia de los motores de combustión interna, los vehículos eléctricos no sufren pérdida de eficiencia por las condiciones de arranque y paro que típicamente caracteriza a las áreas congestionadas.

La ventaja total depende de cómo se genera la energía eléctrica y del grado al cual las emisiones sean controladas en la planta generadora.

Los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno pueden ser controlados bastante bien en las plantas generadoras a base de combustible fósil o en los escapes de los vehículos de combustión interna, pero es mucho más barato y más confiable controlar las emisiones en un relativamente pequeño número de plantas generadoras que en una gran flota de vehículos.

Con respecto a las emisiones de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y dióxido de carbono, la comparación depende de las suposiciones de mezcla de combustibles y las formas de manejo.

Una comparación basada en la experiencia japonesa indica que: Los vehículos eléctricos emiten menos NO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub>, pero más SO<sub>x</sub> que los de combustión interna.

En países con elevada proporción de generación a base de combustibles fósiles y controles de emisiones poco sofisticadas, las emisiones de los contaminantes NO<sub>x</sub> CO<sub>2</sub> y SO<sub>x</sub> pueden incrementarse con los vehículos eléctricos. En tanto que en países con elevada proporción de generación de energía hidroeléctrica, nuclear y renovable, los vehículos eléctricos pueden reducir las emisiones marcadamente.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> para vehículos eléctricos son más bajas que para vehículos de combustión interna si la energía eléctrica es generada por gas natural pero son típicamente similares si es producida por carbón.

Si la energía eléctrica es generada usando fuentes renovables, como hidroeléctricas, eólicas o solares, las emisiones atmosféricas son cero. Si la energía eléctrica es generada a base de energía nuclear, las emisiones atmosféricas son insignificantes, aunque hay desechos radioactivos que manejar.

#### ***1.1.1.3 El ruido***

El nivel de ruido es un indicador importante de la calidad del medio ambiente. Distintos tipos de ruido pueden causar problemas de salud humana (mental y física).

Las variables más importantes del ruido que se deben considerar y evaluar son:

1. Intensidad.

2. Duración.
3. Frecuencia del ruido, al aumentar la intensidad y/o la duración del ruido, los efectos nocivos en el cuerpo humano aumentan proporcionalmente.

Para evaluar los impactos en el medio ambiente por ruido se debe hacer una revisión de los factores principales que son percibidos como ruido.

1. Amplitud o magnitud de la fuente de ruido está relacionada con la presión del sonido creada por la energía acústica, esta magnitud se mide en una escala logarítmica en unidades llamadas decibeles (dB), un aumento en 10 dB de un sonido equivale al doble en magnitud.
2. Intensidad del sonido, es un valor subjetivo basado en la sensibilidad del oído humano hacia sonidos en la escala de frecuencias medias y altas.

Efectos del ruido sobre el ser humano.

- 1) Efectos fisiológicos.
- 2) Efectos psicológicos.
- 3) Efectos en la comunicación.
- 4) Efectos en el trabajo y quehaceres diarios.
- 5) Efectos en el comportamiento social.

Los valores de intensidad y duración a los cuales el ruido no debe exceder para evitar efectos fisiológicos, están presentados según la actividad en tabla 1.2:

**Tabla 1.2:** Niveles de ruido y sus efectos (SEDESOL, 1999)

<u>Efectos fisiológicos</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>
Sistemas orgánicos internos (1)	75 dB(A)	cualquiera
Umbral del oído (de ruido continuo;	80 dB(A)	16 hr
si el sonido es intermitente se debe	85 dB(A)	8 hr
sumar, utilizando equipos especiales	90 dB(A)	4 hr
o se debe consultar a un especialista)	95 dB(A)	2 hr
	100 dB(A)	1 hr
	105 dB(A)	30 min
	110 dB(A)	15 min
	115 dB(A)	7.5 min
	>115 dB(A)	nunca
Umbral del oído humano	140 dB(en el oído)	100 usec
Regularidad del sueño		
Causa de despertarse	55-60 dB(A)	cualquiera
Cambios en el dormir	35-45 dB(A)	cualquiera

La siguiente tabla 1.3 presenta algunos ejemplos de niveles de ruido para distintos tipos de actividades.

**Tabla 1.3:** Niveles de ruido para distintos tipos de actividades (SEDESOL, 1999)

<u>RUIDO AL AIRE LIBRE</u>	(dBA)	<u>RUIDO DENTRO DE EDIFICIOS</u>
	0	Límite de audición
	10	Estudio de grabación
Zona rural de noche	20	Dormitorio de noche
Zona suburbana de noche	30	Biblioteca
Zona urbana de noche	40	
	50	Oficina grande
Zona comercial	60	Conversación a 1 m
Zona urbana ruidosa de día	70	Gritos a 1 m
Camión diesel a 15 m	80	Licuada a 1 m
Tráfico a 10 m	90	Dentro del metro (Nueva York)
Jet volando a 300 m	100	
	110	Orquesta de rock

### **El ruido y el tránsito vehicular**

Los vehículos que utilizan carreteras, calles y caminos son una fuente de ruido que afecta a la comunidad, siendo los camiones y los ómnibus la fuente de ruido más importante durante las horas del día. De noche, cualquier tipo de tránsito vehicular puede convertirse en un impacto por ruido, se presenta a continuación figura 1.1, con niveles de ruido a distancias para variables para distintos tipos de medios de transporte

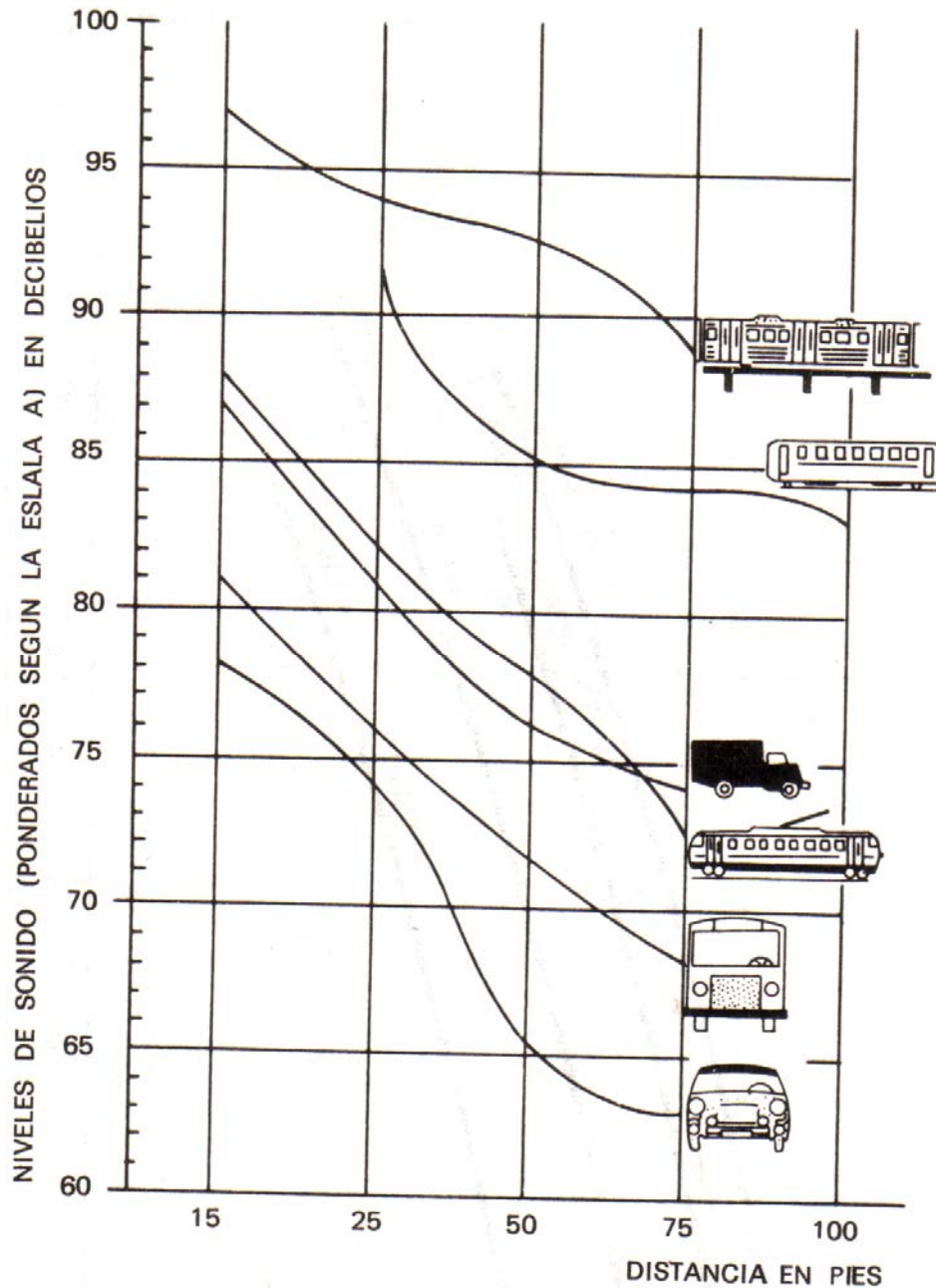


Figura 1.1: Niveles de ruido y medios de transporte (Jhon W. Dickey (1977))

### El ruido y los vehículos eléctricos.

Existen diferentes fuentes de ruido en los vehículos de transporte masivo:

- Por los mecanismos del sistema de propulsión diesel, eléctrico, etc.
- Por escape de los gases generados, especialmente en vehículos de combustión interna.
- Turbulencia a altas velocidades.
- Rechinar por fricción en curvas.
- La rodadura, la cual dependerá del par rueda – tipo de superficie.

En el caso de los vehículos eléctricos, los motores eléctricos son mas silenciosos, al ser mas simples en su estructura, no con llevan escapes de gases de importancia, y es posible como en el

caso del monorriel poseer ruedas de caucho y una superficie de rodadura sin imperfecciones, fruto de la fabricación de la viga, bajo condiciones de alto control de calidad.

A continuación se muestra figura 1.2 con la diferencia en los niveles de ruido entre trenes diesel y eléctrico, se nota que solo a altas velocidades y por efectos de la turbulencia generada, se generan situaciones de ruido similares, siendo para bajas velocidades, notablemente inferiores los niveles de ruido para los vehículos eléctricos.

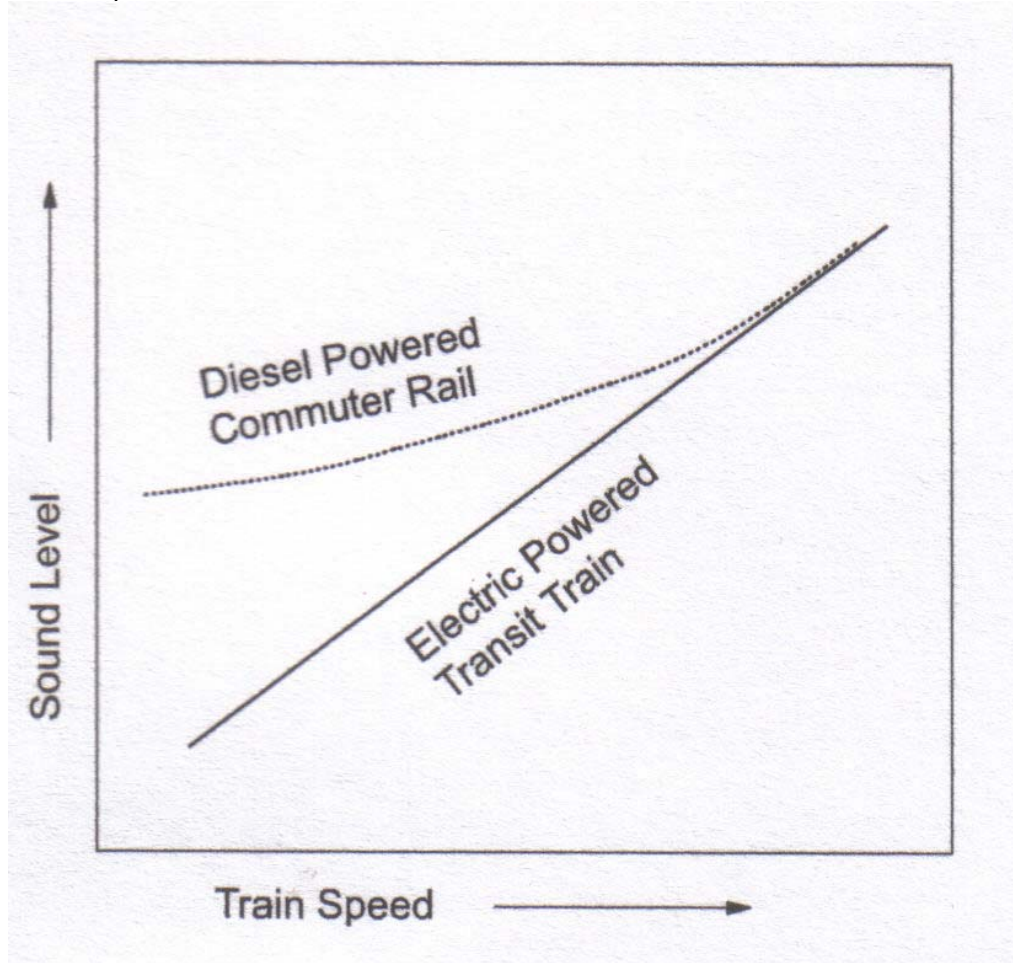


Figura 1.2: Niveles de ruido diesel vs. Eléctrico (Jhon W. Dickey (1977))

### 1.1.2. El Monorriel y sus Impactos.

Descriptos ya los impactos más significativos, y al ser el monorriel, un medio de transporte impulsado con motores eléctricos, se puede concluir que:

- El impacto visual del mismo, resulta de importancia, debido a su estructura de soporte, la cual invade el espacio aéreo urbano, ocupando este espacio en calles, vías de ferrocarril, espacios verdes, a veces partes de la propiedad privada, lo que hace que su irrupción visual deba ser tratada a fin de mitigar su impacto, generando diseños en su estructura portante y estaciones, que armonicen con el paisaje urbano predominante.
- Emisiones contaminantes, como ya se dijo, los motores eléctricos, tienen una muy baja emisión de contaminantes, por lo tanto representan una ventaja con respecto a la utilización de medios que son impulsados con motores de combustión interna.



- El ruido es un elemento que se encuentra sumamente atenuado en este medio de transporte, ya que posee neumáticos y una superficie de rodamiento sin discontinuidades y alejada del plano de circulación peatonal y de acceso a las propiedades, ya que se encuentra elevado. Por otra parte, los motores eléctricos resultan más silenciosos que los de combustión interna, debido a su concepto teórico de funcionamiento y a la menor cantidad de componentes ante un motor de ciclo Otto. Su forma operación también genera una menor cantidad de ruido, ya que no existen aceleraciones ni desaceleraciones bruscas, debido a que no se encuentra inmerso en el flujo vehicular existente en vías compartidas por otros tipos de vehículos, ni tampoco está sujeto a dispositivos de regulación del tránsito que generan continuas paradas y arranques, o variaciones en su velocidad de operación.

### **I.1 .3 Circulo Vicioso del Transporte Público Urbano.**

Existe un mecanismo que representa un “círculo vicioso” en el transporte. Se trata de un concatenamiento de situaciones que con llevan a el colapso del sistema de transporte, produciendo la pérdida de rentabilidad al mismo y maximizando los costos producidos por las externalidades del transporte.

El proceso que se grafica en figura 1.3, es el siguiente:

El aumento de la población trae acarreado la suba del precio en la tierra, esto hace que las propiedades mejor ubicadas se tornen menos accesibles para la mayoría de las personas y se produce un proceso de descentralización, lo que obliga a un mejor transporte y recorridos más largos. Por otra parte, el aumento en el nivel de vida produce un alza en la tasa de motorización, disminuyendo la utilización del transporte público, aumentando la polución y la congestión vehicular. Esta congestión vehicular impacta en el transporte disminuyendo su velocidad comercial, de esta manera, con menos usuarios y menor velocidad, y con el consiguiente aumento de los tiempos de viaje provoca una mayor caída en la clientela, y un déficit que la empresa deberá cubrir aumentando la tarifa. Este aumento implicará luego una mayor pérdida de usuarios (al menos que el estado subsidie al sistema), lo cual finalmente conducirá a la degradación del servicio, y a su colapso.

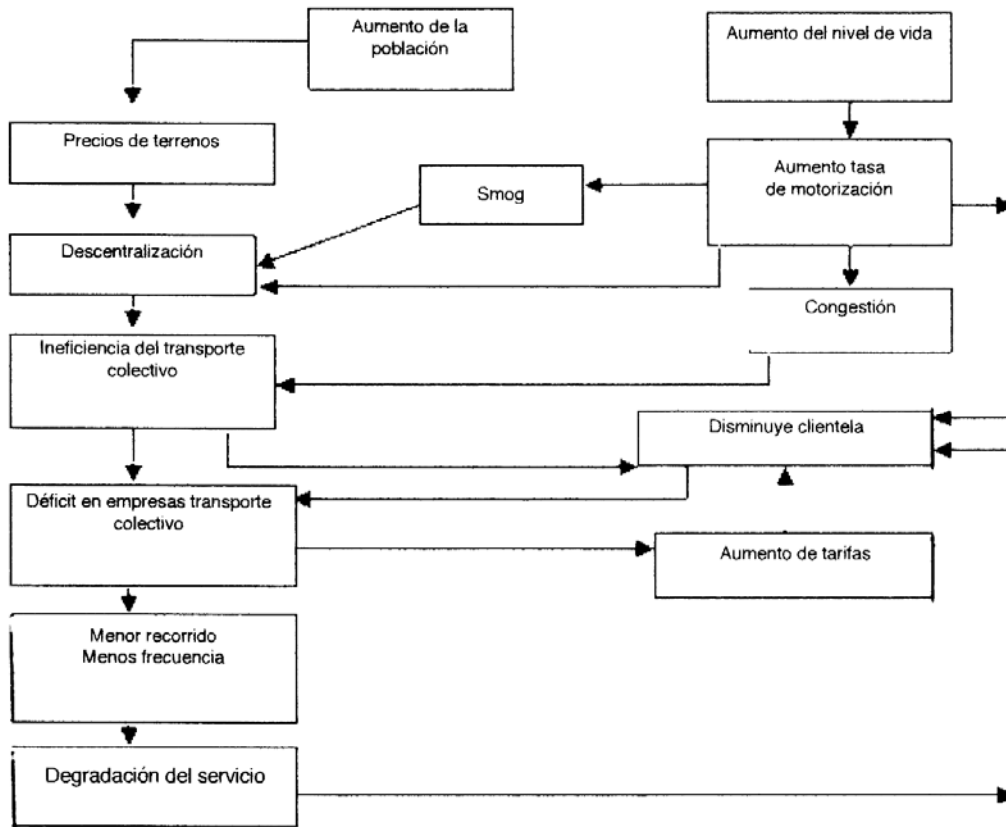


Figura 1.3: Círculo "Vicioso" del transporte. (Buchanan, C., 1964)

## I.2 ESCENARIO ACTUAL.

El transporte público y masivo en la ciudad de Córdoba, no viene cumpliendo acabadamente con las principales características que todo sistema de transporte debería poseer, es decir, que sea económico, rápido, seguro, confortable, accesible y con una adecuada capacidad de transporte (Fritz y Voigt, 1964). La ciudad de Córdoba, con aproximadamente 1.350.000 habitantes, y un importante área metropolitana, no es ajena a los principales problemas de transporte que presentan la mayoría de las grandes ciudades de América latina, e inclusive de algunos países desarrollados.

El problema del transporte urbano, está totalmente relacionado al proceso de urbanización. Por eso, la industrialización y los cambios en la productividad, tuvieron como efecto el crecimiento acelerado de las ciudades sin el desarrollo de la correspondiente infraestructura y equipamiento, entre ellas, las del transporte.-

El problema del transporte puede ser entendido como la necesidad de comunicación, movilidad de bienes, persona y servicios, originada por las actividades urbanas de producción. Las personas viven en un lugar y necesitan ejercer sus actividades productivas, de servicios, y de consumo en otros sitios. Estas se localizan en espacios propios en donde el sistema de transporte es una de las formas de comunicación entre las actividades. Por otro lado, la forma de producción industrial moderna, hace que las ciudades se densifiquen y con ello sea crítica la generación de nuevos espacios físicos propios, e infraestructuras, para el transporte. De esta manera, surge la preocupación, no sólo de la producción del nuevo sistema de transporte para proveer más oferta, sino también la preocupación por la mejor utilización del ya existente.

El servicio de transporte de la ciudad de Córdoba, tal como se lo conoce en la actualidad, adolece de muchas deficiencias formales y estructurales y se producen externalidades como las siguientes: a) la congestión y con ello la pérdida de tiempo de los usuarios, b) la contaminación del medio ambiente, y el deterioro en la calidad de vida, con sus costos, c) el sobre consumo energético de combustibles de origen fósil no renovables, d) los accidentes causados por la falta de observancia de las normas de tránsito, e) el deterioro de los vehículos y el stress de los conductores y sus derivaciones psico-físicas.

La situación actual del transporte colectivo de pasajeros, aparenta no ofrecer una salida satisfactoria para los actores afectados (usuarios, empresarios, organismos públicos, y trabajadores relacionados con la actividad), por lo que los efectos de la ineficiencia del sistema de transporte se agudizan ante factores tales como:

- a. Un crecimiento explosivo de la ciudad, (a modo de Big Bang urbano) que escapa a todo intento de planificación generando nuevas actividades. Una nueva redistribución de las actividades ya existentes, y la incorporación de nuevos movimientos. Estas dos últimas son las fuentes de toda demanda de transporte y cada una de ellas con diferentes dinámicas de exigencias y crecimiento en el tiempo.
- b. La inelasticidad física en la oferta de la necesaria infraestructura y del equipamiento vial urbano.
- c. El explosivo crecimiento del parque vehicular en los últimos años, el cual aumenta el riesgo a que se produzcan situaciones de congestión. Esto sumado a lo indicado en el punto anterior favorece en forma cada vez más frecuente al fenómeno de la congestión.

### **I.3 OBJETIVO DE LA TESIS**

#### **I.3.1 Objetivo Principal.**

El principal objetivo del trabajo consiste en explorar la factibilidad (desde el punto de vista de la demanda) de introducir a lo largo de un corredor predeterminado, un medio de transporte masivo, de alta velocidad y de gran desarrollo tecnológico, como es el caso del tren elevado denominado monorriel. Este medio forma parte de la oferta de transporte sobre la cual se trazarán lineamientos generales. Este trabajo, además, intentará ser útil a quienes pretendan profundizar la investigación sobre la introducción de este nuevo medio, tanto en el corredor que se analiza, como así también la posibilidad de hacerlo extensivo a toda la ciudad y su área metropolitana.

La elección del monorriel, se fundamenta en las características propias del medio, las que resultan compatibles con el escenario actual de la ciudad de Córdoba tales como:

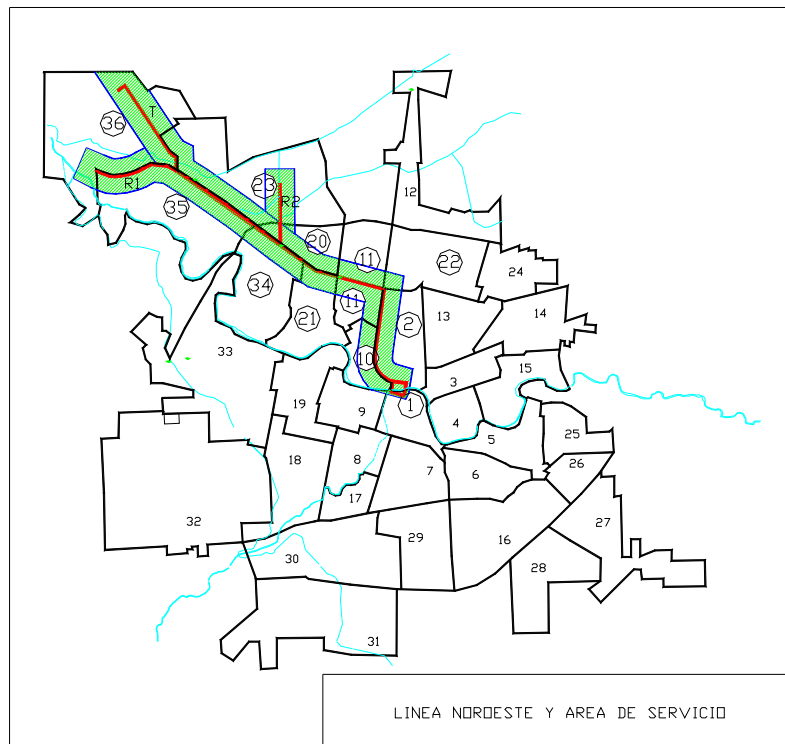
- a. La mayor capacidad de transporte de los convoyes de vehículos, que pueden circular por la ciudad. Así mismo, los vehículos no son afectados por las características geométricas de la traza vial urbana, permitiendo transportar fácilmente de 200 a 400 pasajeros por formación, o 9000 a 12000 pasajeros por hora y por sentido.
- b. El Monorriel elevado es ajeno a posibles situaciones de congestión vehicular, en la red actual, ya que se desplaza por sobre las vías existentes.
- c. La baja tasa relativa de accidentes que presenta frente a otros medios, según lo demuestra la experiencia mundial. (The Monorail Society, 2006).

- d. Posee una elevada velocidad de operación, ya que su vía de circulación resulta exclusiva para él.
- e. El monorriel es silencioso y no produce emisiones contaminantes, debido a su rodadura con neumáticos y su impulsión eléctrica, quedando como elemento perturbador de importancia, la polución visual que genera su irrupción en el medio urbano.
- f. Las mayores posibilidades tecnológicas de este medio con respecto al actual, en cuanto a la previsión de los horarios de arribo a las distintas paradas. Es también posible el seguimiento minuto a minuto de las personas en el sistema, la automatización y centralización operativa del mismo entre otras ventajas.

La línea de transporte propuesta, se desarrolla a lo largo de un corredor que va desde el fin del ejido municipal, en el denominado “monolito de Villa Allende”, hasta el centro de la ciudad, más precisamente, hasta la ex plaza Gral. Paz. Esta línea posee dos sub ramales. Se ha seleccionado para el servicio, los móviles denominados “Hitachi Small”, fabricados por la firma Hitachi, y que a priori, se adaptan fundamentalmente a la estructura urbana, topografía, y situación climática predominante en la ciudad. Esta tecnología, dispone de móviles montados sobre una viga la cual hace de “riel” y constituye un medio de transporte con infraestructura propia. En la Figura 1.4 se muestra un esquema de la línea en estudio.

### **I.3.2 Objetivos Accesorios.**

- a. Proveer a los profesionales interesados en el tema del transporte público en la Ciudad de Córdoba, de un documento de análisis que permita la discusión sobre el uso del monorriel como una variante tecnológica superadora al actual sistema.
- b. El trabajo debe ser una herramienta académica que brinde a estudiantes, docentes e investigadores, una base para la discusión sobre las metodologías empleadas en el mismo, y para el desarrollo de nuevos estudios sobre el tema.
- c. Generar conciencia en las autoridades competentes en transporte, que las soluciones no siempre se encuentran en las opciones clásicas, sino que es necesario a veces la innovación en el aspecto tecnológico de los vehículos a utilizar y el sistema a plantear en un todo.



**Figura 1.4:** Trazado de la línea de monorriel propuesta para la ciudad de Córdoba.

#### I.4 METODOLOGIA DE TRABAJO

La metodología a utilizar puede ser considerada como clásica para este tipo de estudio. Esta consiste esencialmente en hacer participar a los dos componentes económicos del transporte (demanda-oferta), a fin de ajustar las exigencias cuali - cuantitativas de la demanda con las disponibilidades de la oferta, mediante el uso de un modelo de simulación cuya función es:

- a) Describir las características de los movimientos de un determinado grupo humano mediante el análisis del comportamiento de un individuo, o grupo de individuos medios desde el momento que decide hacer el viaje (GENERACION).
- b) Seleccionar el destino del viaje (DISTRIBUCION).
- c) Determinar la forma (MODO), en qué lo hará, (ASIGNACION MODAL).
- d) El itinerario que realizará (ASIGNACION A LA RED).

Es decir, este modelo es una secuencia operativa de un conjunto de sub modelos que se alimentan, y retroalimentan, hasta obtener resultados para propósitos generales. En este caso, son las Matrices de Viajes Asignados al medio alternativo,  $V_{ij}^k$  que luego son proyectadas a distintos horizontes de tiempo a fin del diseño y dimensionado de la oferta.

En forma sintética, este esquema puede ser representado, como se indica en la Figura 1.5. Más concretamente, su estudio, tendrá en cuenta en forma particular a la demanda y a la oferta tal como se desarrollan en los sub apartados siguientes.

### **I.4.1 La Demanda**

El estudio de la demanda, para este nuevo medio, abarca un periodo de 25 años (2010 a 2035) y comprende los siguientes pasos:

- *Generación de la Demanda:* El análisis de Generación de la Demanda, o de viajes, es especialmente importante, y crítico, ya que en esta etapa se definirá la demanda total que debe ser atendida en los distintos años horizontes de un estudio. El objetivo de la aplicación de los modelos de generación de la demanda es la estimación de la demanda. En este caso es la demanda para cada año horizonte considerado.
- *Distribución de Viajes:* La distribución de la Demanda, o de viajes, es el segundo paso del proceso de proyección de la Demanda. Su objetivo es estimar los intercambios de viajes entre las zonas de tráfico en el área de estudio. Los modelos ha adoptar en esta etapa utilizan las estimaciones de producción y atracción por zonas y la información sobre la estructura de la distribución de la Demanda en la ciudad según estudios preexistentes. El resultado de la aplicación del modelo de Distribución seleccionado, es una matriz de Demanda, donde cada celda, pares de orígenes (i) y destinos (j) de viajes, contiene una medida de la intensidad del intercambio entre las zonas,  $V_{ij}$ .
- *Asignación Modal, o Modal Split:* La Asignación Modal es el paso final del proceso de proyección de la Demanda; su objetivo es estimar los flujos de viajes para cada modo de transporte entre pares de zonas (origen/destino). En este caso se determina la Asignación Modal que le corresponda al nuevo medio propuesto, teniendo en cuenta su competencia con el ómnibus y los medios individuales de transporte, como por ejemplo el automóvil particular y/o el taxi o remis.
- *Asignación a la Red:* Por tratarse el Monorriel elevado de un subsistema unidireccional, en sitio propio, con puntos de acceso/descensos prefijados. Este sub modelo en si mismo no resulta útil, salvo para: a) Diseñar y dimensionar los centros de transferencia, estaciones de acceso, y salida. B) Eventualmente, conocer la conveniencia de la variabilidad de la cantidad y composición de los convoyes, entre tramos de alta densidad de viajes.

### **I.4.2 La Oferta**

La oferta está compuesta por la asignación a la red y por el medio de transporte.

#### ***I.4.2.1 La Asignación a la Red***

La Asignación a la Red, está dada por un recorrido preestablecido de la línea sobre la cual se desarrollara el trabajo. El mismo, está condicionado por la oferta de espacio físico que se encuentra en el sector noroeste de la ciudad. Espacio físico que está constituido por el espacio aéreo de las vías del Ferrocarril General Belgrano, en su ramal hacia las sierras, y por el espacio aéreo disponible en avenidas y calles existentes. El monorriel propuesto circula en forma sobre-elevada a los planos de circulación actual a lo largo de todo su recorrido. De esta manera la instalación de este medio, no trae consigo elevados gastos de expropiación, ni impactos de envergadura en la trama urbana, salvo los visuales ya mencionados.

#### ***I.4.2.2 El Medio de Transporte***

El medio de transporte propuesto es el del tren o monorriel elevado con el tipo "montura" o "a caballete", sobre una viga única. Se opta por seleccionar una versión de móviles, (vehículos tractores y remolcados) de reducidas dimensiones. Esta elección permite de lograr una óptima

inserción en la traza urbana, ya que hace posible el trazado de curvas de radios reducidos y al mismo tiempo posibilita afrontar gradientes de rampas de importancia. Esto último es factible debido a su tracción a través del par apoyo/rodado constituido por una viga de hormigón y neumáticos. El modelo escogido para este trabajo se denomina comercialmente "Hitachi Small", y presenta la ventaja de facilitar la variación en la composición del número de las unidades de tracción y remolque, para un incremento de la capacidad de transporte, en forma creciente, en función de la demanda.

La metodología, para el modelo de transporte seleccionado en el estudio, se la sintetiza en el figura 1.5 que, a más de indicar las secuencias operativas, incluye el flujo de datos (input), sub modelos y demás actividades. También incluye sus resultados parciales (output) y los destinos para otros estudios, no alcanzados por el presente trabajo, pero que se ha considerado oportuno indicarlos para el cierre integral del trabajo.-

El primer bloque es el Modelo propiamente dicho, incluyendo una definición genérica y el articulado de los sub modelos componentes; el segundo bloque provee las áreas más importantes de aplicación, como: resultados y usos genéricos; quedando el tercer grupo orientado a describir las áreas para el desarrollo de las propuestas más usuales.-

## **I.5 CONTENIDO DE ESTA TESIS**

En el capítulo 2: Se presenta el estudio de la generación y distribución de los viajes, lo que permite cuantificar y describir los movimientos dentro de la ciudad, a lo largo de un periodo determinado.

En el capítulo 3: Se desarrolla un modelo de preferencias declaradas, esta técnica permite estimar el porcentaje de usuarios del transporte masivo y de automóvil particular que pueden optar o no por el monorriel propuesto.

En el capítulo 4: En el se presenta el estudio de la asignación modal, o sea la cantidad de viajes diarios que se realizan tanto en monorriel como en ómnibus y el automóvil particular cada escenario considerado.

En el capítulo 5: Se realiza en este capítulo el dimensionado de la línea de monorriel propuesta. De esta manera se determinan cantidad de vehículos necesarios, y frecuencias.

En el capítulo 6: Se detallan las conclusiones y recomendaciones consideradas pertinentes. Se e incluyen además cinco (5) anexos: 1) Matrices Origen – Destino de la Ciudad de Córdoba, 2) Resultados de las Encuestas de Preferencias Declaradas, 3) Matrices Porcentuales, 4) matrices Origen – Destino del Itinerario de la Línea, y 5) Costo de la Obra Civil.

**MODELOS DE TRANSPORTE**

Descripción de las características de los movimientos de un determinado grupo humano mediante el análisis del comportamiento de un individuo medio desde el momento que decide hacer el viaje (generación), selecciona el destino (distribución), determina la forma en que lo hará (asignación modal) y lo realiza por un itinerario (asignación a la red)

**DATOS** → **SUBMODELO** → **SALIDA**

Población, empleo, índice de motorización, nivel de ingreso, etc. → **GENERACIÓN** → Orígenes  $i$  Destinos  $j$  de los viajes  $O_i / D_j$

(1)

Matriz  $O_i / D_j$  de viajes  
Esquema de distribución, generación vs atracción → **DISTRIBUCIÓN** → Matriz de viajes  $V_{ij}$   
Líneas de deseo

(2)

Matriz de distribución  $V_{ij}$ , costo de viajes, tiempos, disponibilidad de medios, itinerarios, frecuencias, horarios, infraestructura, etc. → **ASIGNACIÓN MODAL** → Matrices viajes por el medio  $K$   $V_{ij}^k$   
→ **ASIGNACIÓN A RED** → Matrices viajes por la red  $R$   $V_{ij}^R$

**PROPÓSITOS GENERALES**

Datos, proceso y resultados del modelo

\*Información para definir las jerarquías de la red, en relación a las funciones a cumplir (movilidad-accesibilidad).  
\*Espaciamiento y localización planimétrica de la red, en función de:  
- Líneas de deseo  
- Limitaciones físicas y económicas de la vía, intersecciones, intercambiadores, etc.  
- Volúmenes, composición, orígenes y destinos.

\*Diseño geométrico y estructural de :  
- Capacidad del sistema  
- Las vías, intersecciones, intercambiadores  
- Estacionamiento en, y fuera de, calzada  
- Terminales, apeaderos de transferencia  
- Otros medios alternativos de transporte

\*Determinar restricciones en:  
situación actual, mediante determinación Nivel de Servicio (Diagnóstico)

\*Proveer información para proponer soluciones

\*Proveer información para diseño físico y funcional  
Volúmenes, líneas de deseo, recorridos, horarios) Simular situaciones para diferentes hipótesis de Uso de Suelo, densidad de ocupación, costo del servicio, etc.)

\* Organización y explotación  
- Horarios y frecuencias  
- Dimensiones del parque móvil  
- Capacidad unitaria  
- Dimensiones externas  
- Radios de giro  
- Tracción/impulsión  
- Toma de energía  
- Etc.

-Itinerarios, paradas  
-Controles y regulación  
-Costos, tarifas  
-Coordinación intermodal  
-Prorrato costo de infraestructura (por usos alternativos de múltiples servicios)  
-Etc.

Resultados y usos

Propuestas y usos

Figura 1.5: Modelos de transporte (Uribarren Alberto J, 1999)



## CAPITULO II

### GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VIAJES

#### II.1 GENERACIÓN.

El proceso de la generación de la demanda de viajes, es ampliamente dependiente de las actividades urbanas que se desarrollan en la ciudad. Es decir, una demanda que se deriva de otras, como la de estudiar, trabajar, etc. En este aspecto, para la determinación de la demanda de transporte resulta esencial el conocimiento del uso del suelo y de las características de las actividades humanas. De esta forma, el estudio de la demanda se inicia con la evaluación de la ocupación del espacio urbano y con el análisis de la distribución de las actividades dentro de este espacio. Esto último, ha sido ya realizado para la ciudad de Córdoba en los estudios de transporte realizados por, Facultad de Ciencias económicas (U.N.C., 1994), y del Instituto Superior del Transporte (U.N.C., 2000). En ambos estudios la ciudad de Córdoba fue dividida para su estudio en 38 zonas homogéneas desde el punto de vista de sus características del uso del suelo y de las actividades. Para este trabajo se asume que la distribución de actividades en la ciudad de Córdoba, mantendrá el actual patrón de distribución, el cual se encuentra reglado por la ordenanza 8053, pero se tendrá en cuenta a futuro la intensificación o merma en el uso del suelo y de las actividades, de acuerdo a las tendencias observadas en cada zona en los últimos años.

El objetivo de la aplicación de modelos de generación es permitir la estimación, de las demandas totales producidas y atraídas por cada zona, teniendo en cuenta sus características principales, ingreso, población, uso del suelo, asentamiento de las actividades, hábitos, etc, del área de estudio y su entorno, en un determinado período de tiempo, ya que las mismas son variables en el tiempo y de esta manera poder así, estimar a futuro los viajes.

Así mismo, los modelos de generación de demanda relacionan las variables que describen la población o actividad económica de cada zona y las que caracterizan su patrón de uso y ocupación del suelo, con el potencial de la zona como unidad productora de viajes.

Resumiendo, es posible decir, que el proceso de generación de la demanda, es función derivada de las actividades que realiza la población, su ingreso o situación socio económica, las cuales a su vez son variables en el tiempo y el espacio.

Se considera en este estudio para la obtención de la demanda futura, las variables independientes de la población y del ingreso. Se tendrá el algoritmo (2.1) para la cuantificación de la demanda.

$$V_f = V_a \times \left( (1 + \Delta_{pob}) \times (1 + \varepsilon \times \Delta_{ing.pob}) \right) \quad (2.1)$$

En donde  $V_f$  son los viajes futuros,  $V_a$  viajes actuales,  $\varepsilon$  es elasticidad de los viajes respecto al ingreso per cápita de la población,  $\Delta_{pob}$  es el crecimiento de la población y  $\Delta_{ing.pob}$  es el crecimiento del ingreso de la población.

En este trabajo se asume que los viajes se incrementarán con el crecimiento de la población, y con la mejora en el ingreso de la misma representada el mismo a través del denominado ingreso per cápita (IPC).

### II.1.1 Predicción de las Variables Independientes.

Para poder determinar la factibilidad de la línea de transporte, y de sus componentes tecnológicos a 25 años (2010 a 2035), se debe conocer la demanda proyectada en este periodo; resulta conveniente entonces, discretizar este periodo en tres segmentos de tiempo, se toma dos de 10 años cada uno y otro de 5 años, quedando de esta manera los siguientes horizontes de tiempo, 2010, 2020, 2030, y 2035. Dada esta partición será posible ajustar el sistema, y/o sus componentes (la oferta) a la demanda para cada umbral de tiempo, se obtiene de este modo un mejor ajuste entre demanda y oferta.

Para realizar la proyección de la demanda, se recurre a las matrices de Origen – Destino (O-D) de los años 1994 y 2000, las cuales surgen de los estudios de dichos años, ya mencionados. Resulta así posible, vincular los viajes totales por zonas y del total de la ciudad, con el crecimiento ocurrido en las variables independientes consideradas, las cuales son, la población y la actividad económica observada en el periodo (1994 – 2000).

#### II.1.1.1 Tratamiento de la población

Para calcular la tasa de crecimiento se utilizan los censos de población realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (I.N.D.E.C.) de los años 1991 y 2001, de esta manera será posible el análisis posterior del incremento poblacional en cada una de las zonas (Figura 2.1) que componen las matrices O-D de los estudios de los años 1994 y 2000, y así de esta manera conocer la población de las distintas zonas en el año 2000, para su relación con los viajes de la matriz O-D de ese año.

En este trabajo, se utilizara que la tasa de crecimiento poblacional intercensal 1991-2001 serán también válidas para los períodos futuros, en los cuales se considera operable el medio de transporte que se analizará, esto debido a la evolución que ha registrado la población de la ciudad de Córdoba en los últimos censos, donde se aprecia que la tasa de crecimiento ha ido decreciendo, según se muestra en tabla 2.1.

**Tabla 2.1:** Población de la Cdad. De Córdoba (Municipalidad de Córdoba, 2009)

CENSO AÑO	POBLACION	CRECIMIENTO INTERCENSAL
1960	586015	
1970	801771	36.82%
1980	993055	23.86%
1991	1179372	18.76%
2001	1284582	8.92%

Para la proyección de la población, se utiliza la siguiente fórmula exponencial de crecimiento de la población:

$$P_n = P_b \times t^n \quad (2.2)$$

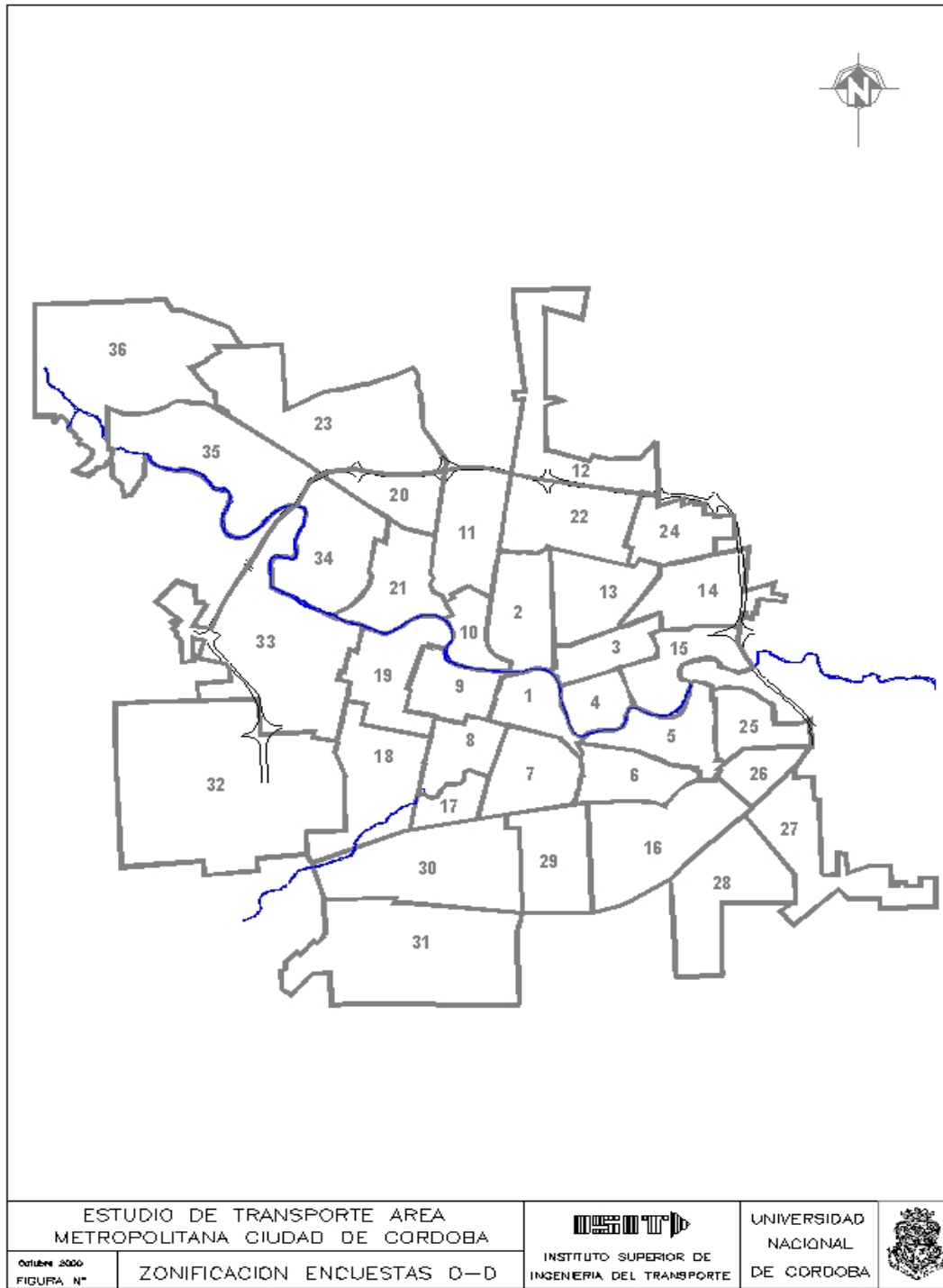
Donde  $P_n$  es la población futura del año  $n$ , a predecir,  $P_b$  es la población del año base (año  $b$ ),  $t$  es la tasa de crecimiento de la población en % por año, y  $n$  es el tiempo expresado en décadas desde el año base al de proyección.

A través de esta fórmula de proyección de la población, y de una interpolación, es posible obtener las siguientes estimaciones de la población de la ciudad de Córdoba (ver tabla 2.2), las cuales serán de gran utilidad en los procesos.

Los resultados de dicha estimación son los siguientes:

**Tabla 2.2:** Población Estimada de la Ciudad de Córdoba

POBLACION ESTIMADA CIUDAD DE CORDOBA					
2000	2003	2010	2020	2030	2035
1273859	1290437	1387272	1511029	1645826	1717668



**Figura 2.1:** Zonificación de la ciudad de Córdoba (I.S.I.T., 2000)

### II.1.1.2 Tratamiento de la Actividad Económica

En el presente trabajo se analiza la actividad económica a través de dos indicadores, el Producto Bruto Geográfico (PBG) y el Ingreso Per Capita (IPC), siendo este último, el resultado de dividir el PBG de la ciudad de Córdoba por la población. El IPC permite referir las variaciones de la economía a la población, para este indicador, se propondrá más adelante, un esquema de crecimiento hasta el año 2035. A continuación en tabla 2.3 se presentan los valores de PBI nacional, PBG e IPC de la ciudad de Córdoba.

**Tabla 2.3:** PBI nacional, PBG provincial y de Cba. Capital, e IPC de la Cdad. De Córdoba. (Gerencia de Estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba, 2009).

AÑO	PBI (en miles) NACIONAL	PBG (en miles) PROV. DE CBA.	PBG (en miles) CDAD. DE CBA.	IPC CDAD. DE CBA.
2000	254.124.717	21.433.888	8.337.782	6.545
2001	244.052.014	20.640.835	8.198.539	6.306
2002	221.317.334	19.818.280	6.195.194	4.730
2003	239.800.212	20.625.090	6.676.341	5.061
2004	260.171.771	21.235.509	7.706.664	5.800
2005	282.773.966	23.744.464	8.741.452	6.488
2006	305.876.650	24.737.170	9.980.631	8.113

Luego de esto y a fin de estimar la incidencia de la variación de la actividad económica en la cantidad de viajes, se procede al cálculo de la elasticidad de los viajes respecto al IPC, esto resulta de dividir la variación porcentual en el número de viajes (sin tener en cuenta el crecimiento de los mismos por el crecimiento demográfico) por la variación porcentual del IPC. Los valores de viajes surgen de las matrices O-D correspondientes a los estudios de los años 1994 y 2000.

Resulta importante el concepto de elasticidad de los viajes respecto al IPC, ya que a un incremento o descenso en los ingresos, hará que se incremente o restrinja la actividad económica, impactando en forma indirecta en el transporte. Por ejemplo en el caso de una economía familiar, el aumento de los ingresos, se volcara a distintos ítems, como el ahorro, la mejora en la calidad de los bienes consumidos, la mayor cantidad de actividades como la educación, el turismo, etc., lo cual hará que algunos de estos cambios, redunden en un aumento de los viajes que la familia realice. En el presente trabajo se asume mas adelante un determinado valor de la elasticidad viajes respecto a IPC, para el periodo de diseño.

En consecuencia, al combinar los factores de crecimiento de viajes debido a la variación de la población y a la del IPC, se obtienen los factores de crecimiento totales de los viajes para cada zona generadora de viajes y cada periodo de tiempo en el cual se divide el entorno de tiempo que aquí se analiza.

Resumiendo, se tiene entonces, que los viajes no solo se incrementarán en forma directamente proporcional al incremento de la población, sino también respecto a otras variables socio-económicas; siendo la más importante, por su sensibilidad, el crecimiento de la economía, el cual repercute en forma directa en el IPC.

## II.2 DISTRIBUCIÓN DE VIAJES.

Después de haber previsto el número de viajes producidos por una zona o atraídos por ella, el siguiente paso en el proceso de estimación de viajes consiste en determinar como los viajes producidos en una zona se distribuyen dentro de si y hacia las demás zonas. Se trata de predecir como las personas que van a realizar un viaje deciden sus posibles destinos, obviamente hay una gran cantidad de razones por la cual se puede elegir un destino en lugar de otro, en términos generales, la distribución de los viajes depende, como por ejemplo de:

1. El tipo y la dotación de medios de transporte disponibles en el área.
2. Las características de la distribución del uso del suelo, incluyendo la localización e intensidad de sus usos.
3. Las diversas características socio económicas de la población del área, así también como su número, etc.

El resultado final de la aplicación de un modelo de distribución es una matriz de demanda, donde cada celda contiene una medida de la intensidad del intercambio entre zonas.

La idea básica de los procedimientos abarcados en estos modelos es que la demanda producida en cada zona sea "distribuida" entre las zonas atractivas. Esta etapa puede asociarse a la selección del destino, realizada en función del potencial atractivo de cada posible zona de destino.

El potencial atractivo de cada zona depende de dos factores: la estimación de atracción de la demanda asociada a la zona y, la competencia con las demás zonas del área de estudio.

Son dos las clases de modelos de distribución más utilizadas, diferenciadas en función del tipo de información sobre la estructura de la matriz de la demanda: Modelos de Factor de crecimiento y Modelos Gravitacionales.

### **Modelos de factor de crecimiento.**

Los modelos de factor de crecimiento utilizan una matriz actual (o de un período anterior) como base para realizar la proyección de la distribución de la demanda. Esta matriz es sucesivamente corregida, utilizándose factores de crecimiento basados en la evolución estimada de las producciones y atracciones en cada zona, de la situación base para el año horizonte. En estos casos, la estructura de la matriz base influye significativamente sobre la solución final. La principal ventaja de estos métodos es su relativa simplicidad para que sean utilizado con la informática, además de la cantidad reducida de información que requieren. Su mayor desventaja se refiere al hecho de que son insensibles a cambios en la oferta de transporte, como cambios en la red o en sus políticas, además, las parejas de zonas que representen un nivel reducido de intercambio en la matriz base, tendrán esta situación reproducida en el futuro, aunque tengan condiciones de accesibilidad mejoradas.

### **Modelos gravitacionales.**

Los modelos gravitacionales, se basan en una adaptación de la ley de gravedad establecida por Newton, donde la fuerza de atracción entre dos cuerpos es directamente proporcional a sus masas, e indirectamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa, donde en un principio, las masas son cambiadas por las poblaciones, resultando la ecuación (2.3).

$$V_{ij} = \frac{K \times P_i \times P_j}{d_{ij}^2} \quad (2.3)$$

Siendo  $V_{ij}$  los viajes entre las localidades  $i$  y  $j$ ,  $K$  una constante de proporcionalidad,  $P$  las poblaciones y  $d$  la distancia que las separa

Luego se cambió  $P$  por las producciones ( $O$ ) y las atracciones ( $D$ ) y se propuso calibrar el exponente de la distancia ( $n$ ), ver ecuación (2.4).

$$V_{ij} = \frac{K \times O_i \times D_j}{d_{ij}^n} \quad (2.4)$$

Una de las principales ventajas de los modelos gravitacionales para la distribución de la demanda es su estructura flexible y su sensibilidad a los cambios en el sistema de transporte. Así mismo, la mayor desventaja de este tipo de modelo es la necesidad de un procedimiento de calibración, además de exigir información que describa la oferta de transporte, para su desarrollo y aplicación.

Dadas las características de los modelos nombrados y a la disposición de datos con que se cuenta, como las matrices O – D, se utiliza un modelo de factor de crecimiento, y se asume que sus desventajas, como por ejemplo, los cambios significativos en las políticas de transporte no serán relevantes a la hora de su aplicación al problema planteado, ya que se trabajará sobre el actual sistema de transporte constituido en la ciudad, mas la línea del nuevo medio tecnológico, el monorriel elevado. Además los resultados obtenidos serán conservadores.

De esta forma, una vez obtenidos los valores actualizados de generación de cada zona y en cada matriz para cada umbral de tiempo considerado, se procede a distribuir espacialmente estos viajes entre cada zona. Para el cálculo de esta distribución, se ha seleccionado el Método Fratar. Este es un método iterativo, basado en el factor de crecimiento de cada zona, el cual es de fácil aplicación, y de rápida convergencia. Este método suele ser de gran utilidad para la actualización de matrices O – D y responde a la expresión genérica dada por la ecuación (2.5):

$$V_{ij} = \frac{F_i \times F_j \times v_{ij} (L_i + L_j)}{2} \quad (2.5)$$

Con

$$L_i = \frac{\sum_j v_{ij}}{\sum_j v_{ij} \times F_j} \quad y \quad L_j = \frac{\sum_i v_{ij}}{\sum_i v_{ij} \times F_i}$$

Se tiene que,  $V_{ij}$  son los viajes futuros entre  $i$  y  $j$ ,  $v_{ij}$  son los viajes actuales entre  $i$  y  $j$ ,  $L_i$  y  $L_j$  son factores que indican la inversa de la atracción media de todas las zonas respecto a  $i$  y a  $j$  respectivamente, y por último  $F_i$  y  $F_j$  son los factores de crecimiento de las zonas  $i$  y  $j$ .

## II.3 DESARROLLO.

### II.3.1 Generación:

Como ya se dijo, la obtención de los viajes futuros, esta ligada al crecimiento demográfico y a la evolución económica de acuerdo a la ecuación 2.1.

$$V_f = V_a \times \left( (1 + \Delta_{pob}) \times (1 + \varepsilon \times \Delta_{ing.pob}) \right) \quad (2.1)$$

Donde,  $V_f$  son los viajes futuros,  $V_a$  los viajes actuales,  $\varepsilon$  es la elasticidad de los viajes respecto al ingreso de la población, y  $\Delta_{ing.pob}$  es la variación del ingreso de la población.

#### II.3.1.1 Proyección de la población para el periodo de diseño.

En primer lugar, y en base a la población de cada una de las zonas, obtenidas de los censos nacionales 1991 y 2001 (I.N.D.E.C. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.), se interpola para obtener la población al año 2000, y se proyectan las mismas a los años, 2003, 2010, 2020, 2030 y 2035, valores que permiten obtener tasas de crecimiento de la población, las cuales son de utilidad en el desarrollo de los algoritmos que intervienen en cada etapa del proceso.

Para la proyección de las poblaciones, se utiliza la formula exponencial dada por la ecuación (2.2).

$$P_n = P_b \times t^n$$

De esta forma se obtiene la tabla 2.4 de poblaciones estimadas.

**Tabla 2.4:** Poblaciones estimadas por zona.

ZONA	CENSO año 1991	Población año 2000	CENSO año 2001	Variación en % período	Población de zonas estimada al año				
				1991-2001	2003	2010	2020	2030	2035
1	34018	31870	31631	-6.51 *	31208	29773	27836	26025	25164
2	41590	40588	40477	-2.14	40302	39698	38849	38019	37610
3	21886	22486	22553	3.62	22714	23286	24128	25000	25448
4	22859	20088	19780	-12.99 *	19237	17451	15184	13211	12322
5	35191	36080	36179	3.37	36420	37276	38534	39834	40501
6	28199	31795	32194	14.79	33095	36450	41843	48033	51464
7	25427	33415	34302	35.65 *	36459	45132	61219	83041	96716
8	34026	33230	33141	-2.07	33003	32524	31852	31194	30871
9	40910	42373	42535	4.54	42915	44271	46283	48386	49473
10	25597	22637	22637	-11.08 *	22112	20367	18111	16105	15187
11	35433	42920	43752	24.16 *	45687	53159	66001	81945	91308
12	23273	32955	34031	47.03 *	36758	48143	70784	104071	126192
13	40115	40930	41021	2.82	41250	42062	43249	44469	45093
14	43890	40147	39731	-8.98 *	38990	36506	33228	30245	28855
15	14008	12490	12321	-11.56 *	12022	11032	9757	8629	8115
16	57971	40253	38284	-33.60 *	35274	26484	17586	11678	9516
17	15436	13360	13129	-14.47 *	12725	11406	9755	8343	7715
18	41063	39821	39683	-2.83	39456	38671	37578	36515	35995
19	51354	51621	51651	1.13	51767	52177	52767	53364	53666
20	13648	12855	12767	-5.94	12612	12083	11365	10690	10368
21	38598	35469	35121	-8.51 *	34502	32420	29662	27138	25958
22	39838	40476	40547	2.34	40735	41400	42368	43360	43864
23	25957	37366	38634	49.66 *	41878	55534	83110	124381	152160
24	41090	41622	41681	2.00	41846	42429	43277	44141	44579
25	30181	31791	31970	6.51	32376	33837	36040	38386	39616
26	17725	19785	20014	13.54	20529	22436	25473	28921	30816
27	25320	29605	30081	19.46	31170	35301	42171	50377	55060
28	7809	13584	14226	83.18 *	16057	24529	44933	82310	111402
29	17594	18087	18142	3.68	18274	18742	19432	20147	20514
30	47442	42621	42085	-10.80	41134	37970	33868	30210	28531
31	54918	72068	73973	35.44 *	78600	97197	131645	178303	207508
32	53100	68290	69978	32.51 *	74031	90155	119466	158306	182232
33	48969	63616	65243	33.97 *	69172	84885	113717	152343	176328
34	33312	30872	30601	-7.63	30119	28490	26316	24307	23361
35	31277	47266	49042	57.66 *	53717	73879	116478	183640	230584
36	26842	39985	41445	55.25 *	45256	61576	95599	148421	184934
Total	1179372	1273859	1284582	8.92	1313402	1438729	1699461	2093486	2359025

Nota: (\*) Valores atípicos

De tabla 2.4, se desprende que existen zonas que han tenido un crecimiento, o decrecimiento atípico durante el periodo (1991 – 2001), esto se debe a diversos factores que han intervenido en el desarrollo de la ciudad en dicho periodo intercensal. Aceptar esto, significaría, propagar al crecimiento, situaciones particulares ocurridas en el uso del suelo, localización de actividades, e ingresos, durante la década de los años 90. Por todo ello, un análisis particularizado de cada zona

posibilita adecuar dichos valores a la realidad, a la luz de la incorporación de situaciones no necesariamente contempladas en la mera relación de situaciones antes/después, sino más bien por las potencialidades propias de cada zona en cuanto a variables de carácter institucional, por ejemplo nuevas Ordenanzas de Uso de Suelo, y las características de los asentamiento existente como es el caso de la posibilidad de una alta renovación edilicia, el reacomodamiento de nuevos polos atractores del asentamiento domiciliario como son mejores servicios urbanos básicos, el dinámico mercado inmobiliario, la canalización de recursos privados en la ejecución de edificios en altura con fines especulativos, etc.-

A fin de respetar el marco del crecimiento global de la ciudad, resulta conveniente realizar modificaciones en los crecimientos atípicos que se han registrado en algunas zonas, a fin de no proyectar estas tasas de crecimiento hacia el futuro, con los errores que conlleva ignorar la dinámica urbana y sus efectos. De este modo, se tiene:

**a) Zonas de excesivo crecimiento positivo:**

- ❖ **Zona 7**, comprende barrio Nueva Córdoba donde se evidenció un gran crecimiento edilicio compuesto por edificios de altura, la mayoría destinados a la renta, o compra por parte de estudiantes universitarios, debido a la proximidad con la ciudad universitaria y el centro de la ciudad. Tendencia que tiende a aplanarse como consecuencia de la modificación de las normativas, saturación del mercado, etc. Por ello se adopta para el resto del periodo de análisis un crecimiento igual al promedio de toda la ciudad en el periodo (1991 – 2001), es decir 8.92%.
- ❖ **Zona 11**, comprende antiguos barrios del norte de la ciudad, como el caso de barrio Alta Córdoba, ya consolidados urbanísticamente, con relativa baja vocación de cambio en su estructura urbana y renovación edilicia; de esta manera tenderá a asemejarse cada vez más a la zona 22, adaptándose el crecimiento de esta última zona para la proyección.
- ❖ **Zona 12**, ídem a la anterior zona 11. Comprende entre otros, el barrio Liceo.
- ❖ **Zona 23**, está ubicada en uno de los sectores de mayor crecimiento de la ciudad (Barrios Autódromo, Los boulevares, Villa Cornú, etc.), en ella se desarrollaron loteos privados, planes de vivienda sociales del estado y asentamientos irregulares. La citadas ocupaciones del suelo, han cubierto la disponibilidad de tierras de similares condiciones a las utilizadas, por lo que se le asigna para la proyección el crecimiento promedio de la ciudad, antes mencionado.
- ❖ **Zona 28**, se encuentra en el sureste de la ciudad (Barrios J.I. Díaz, Carcano, etc.), en ella se asentaron planes de vivienda sociales sobre terrenos privados, o públicos, de bajo costo; por cuya razón se considera que se parecerá a la situación de la zona 26 en cuanto a su crecimiento futuro.
- ❖ **Zona 31**, está ubicada en el sur de la ciudad, (Barrios Sta Isabel, Villa El Libertador, etc.) y se desarrolló con una gran cantidad de terrenos privados de bajo costo; cubierta esta oferta, se asume que tendrá un crecimiento similar a los valores de la zona 26, a la cual se asemeja.
- ❖ **Zona 32**, en ella se encuentran barrios como, Estación Flores, Ameghino, etc. Esta zona, fue epicentro de asentamientos irregulares, con usurpación de suelo público y privado, a más de una gran oferta de terrenos de bajo costo; al reducirse tierras a bajo costo, o usurpables, se considera que crecerá a la mitad del ritmo con que lo hizo en el periodo (1991 – 2001).



- ❖ **Zona 33**, ídem a zona 32. Comprende barrios como, Quebrada de las Rosas, Las Palmas, Villa Urquiza, etc.
- ❖ **Zonas 35 y 36**, Se encuentran allí, barrios como, Villa Belgrano, Villa Rivera Indarte, etc. Estas zonas fueron las de mayor crecimiento de la ciudad, ya manifiesto desde los años 70, formándose durante la década del 80 una conurbación de la ciudad de Córdoba con la localidad de Villa Allende a través de estas zonas; este crecimiento se ve atenuado en la actualidad por la falta de oferta de espacio útil, infraestructura, accesibilidad, servicios y equipamiento urbano en general; se estima crecerá a la mitad de lo que lo hizo en el periodo (1991 – 2001).

#### b) Zonas de marcado crecimiento negativo:

- ❖ **Zona 1**, comprende el centro de la ciudad, sector predominantemente comercial, sufrió un descenso en su población residencial, se estima que crecerá nuevamente debido a nuevas edificación en altura y a cambios recientes de las ordenanzas que regulan los índices de ocupación y edificación, por lo que se adopta un crecimiento igual al promedio de la ciudad para el periodo base (1991 – 2001).
- ❖ **Zona 4**, Barrios General paz y Juniors, en especial, está ubicada en la periferia del centro de la ciudad, registró un marcado asentamiento comercial, como extensión del microcentro, se estima que su crecimiento futuro se asemejará a la zona 2 -
- ❖ **Zona 10**, está conformada por los barrios más antiguos y próximos al centro de la ciudad como, San Martín, Providencia, etc; la misma se encuentra en inmejorables condiciones para crecer con población residencial por mayor densidad de ocupación del suelo al amparo de las ordenanzas que permiten la construcción en altura.- Se le asigna un crecimiento igual al promedio de la ciudad en el periodo base.
- ❖ **Zona 14**, Barrios Nueva Italia, Yofre, etc. Se estima crecerá al ritmo de su vecina zona 3.
- ❖ **Zona 15**, Esta zona comprende en su mayor parte a barrio Yapeyú, ídem zona 14.
- ❖ **Zona 16**, Comprende a barrio San Carlos y sus ampliaciones, en este caso, durante el periodo intercensal base, se produjeron erradicaciones de loteos irregulares asentados en dominio público o privado; por ello y su semejanza desde el punto de vista urbanístico se asume crecerá como la zona 29
- ❖ **Zona 17**, En ella se encuentran barrios como Velez Sarsfield y adyacentes, aquí los factores, que incidieron en la baja en su población, como por ejemplo, la erradicación de la villa “El pocito”, disminución de la villa del Hospital Misericordia, lotes vacíos, etc., por lo tanto se adoptará un crecimiento igual al de zona 29, atento a sus características similares en cuanto aspectos de carácter socio -económico.
- ❖ **Zona 21**, próxima al centro de la ciudad (barrio Villa Cabrera y próximos a el), registró un marcado asentamiento comercial de grandes superficies, se adopta un crecimiento igual al promedio de la ciudad.

En tabla 2.5 (definitiva), se muestran los valores y los  $P_n^i$  (i=zona origen), para los distintos cortes de tiempo: 2000, 2003, 2010, 2020, 2030, 2035.-

Cabe acotar que para la zona 99, que está vinculada a áreas fuera del ejido urbano, se adopta para ella un factor de crecimiento igual al de toda la ciudad en su conjunto, en cada momento considerado.

**Tabla 2.5:** Poblaciones estimadas definitivas, por zona.

ZONA	CENSO año	Población Estable.	CENSO año	Variación % propuesta	Población de zonas estimada al año				
	1991	2000	2001	Para proyección	2003	2010	2020	2030	2035
1	34018	31870	31631	8.32	32141	33991	36821	39886	41513
2	41590	40588	40477	-2.68	40258	39501	38444	37415	36911
3	21886	22486	22553	3.05	22689	23171	23877	24604	24977
4	22859	20088	19780	-2.68	19673	19303	18786	18284	18037
5	35191	36080	36179	2.81	36380	37092	38133	39204	39750
6	28199	31795	32194	14.17	33059	36271	41410	47276	50514
7	25427	33415	34302	8.32	34855	36862	39930	43254	45018
8	34026	33230	33141	-2.60	32967	32364	31522	30703	30301
9	40910	42373	42535	3.97	42868	44053	45802	47622	48558
10	25597	22933	22637	8.32	28175	29797	32277	34964	36390
11	35433	42920	43752	1.78	43907	44452	45243	46048	46456
12	23273	32955	34031	1.78	34151	34576	35191	35817	36135
13	40115	40930	41021	2.26	41205	41854	42799	43766	44257
14	43890	40147	39731	3.05	45500	46466	47882	49342	50088
15	14008	12490	12321	3.05	12395	12658	13044	13442	13645
16	57971	40253	38284	3.11	38520	39356	40581	41845	42492
17	15436	13360	13129	8.32	13341	14109	15283	16555	17231
18	41063	39821	39683	-3.36	39413	38481	37187	35938	35329
19	51354	51621	51651	0.58	51711	51920	52220	52522	52674
20	13648	12855	12767	-6.46	12598	12023	11247	10521	10176
21	38598	35469	35121	8.32	42485	44931	48671	52723	54873
22	39838	40476	40547	1.78	40690	41196	41929	42675	43053
23	25957	37366	38634	8.32	39257	41517	44973	48716	50704
24	41090	41622	41681	1.44	41800	42220	42827	43443	43755
25	30181	31791	31970	5.93	32340	33671	35666	37781	38884
26	17725	19785	20014	12.91	20506	22326	25209	28464	30247
27	25320	29605	30081	18.80	31136	35127	41732	49579	54039
28	7809	13584	14226	12.91	14576	15869	17919	20233	21499
29	17594	18087	18142	3.11	18254	18650	19231	19830	20136
30	47442	42621	42085	11.29	41088	37783	33517	29732	28003
31	54918	72068	73973	16.00	76202	84545	98072	113763	122527
32	53100	68290	69978	16.00	72086	79979	92775	107619	115909
33	48969	63616	65243	16.00	67209	74567	86498	100337	108066
34	33312	30872	30601	8.32	33849	35798	38778	42006	43719
35	31277	47266	49042	29.00	51604	61674	79559	102631	116566
36	26842	39985	41445	29.00	43610	52120	67235	86733	98509
Sum.	1179372	1273859	1284582	8.32	1322495	1390267	1502270	1635272	1710942

Como se aprecia, resulta similar la proyección de la población considerando a la ciudad como unidad (ver tabla 2.2), con la población que surge de las sumatorias de las poblaciones de cada zona expresadas en tabla 2.5, de esta manera se corrobora que los crecimientos adoptados en cada zona son aceptables.

A partir de estos datos, es posible determinar los factores de crecimiento ligados a la población para cada zona y para cada momento de tiempo, para ello se divide cada población proyectada de cada por la población de la zona en el año base, tabla 2.6.

**Tabla 2.6:** Factores de Crecimiento por Población.

ZONA	FACTORES DE CRECIMIENTO POR POBLACION ( $1+ \Delta_{\text{pobl}^*}$ )				
	2000-2003	2000-2010	2000-2020	2000-2030	2000-2035
1	1.01	1.07	1.16	1.25	1.30
2	0.99	0.97	0.95	0.92	0.91
3	1.01	1.03	1.06	1.09	1.11
4	0.98	0.96	0.94	0.91	0.90
5	1.01	1.03	1.06	1.09	1.10
6	1.04	1.14	1.30	1.49	1.59
7	1.04	1.10	1.19	1.29	1.35
8	0.99	0.97	0.95	0.92	0.91
9	1.01	1.04	1.08	1.12	1.15
10	1.23	1.30	1.41	1.52	1.59
11	1.02	1.04	1.05	1.07	1.08
12	1.04	1.05	1.07	1.09	1.10
13	1.01	1.02	1.05	1.07	1.08
14	1.13	1.16	1.19	1.23	1.25
15	0.99	1.01	1.04	1.08	1.09
16	0.96	0.98	1.01	1.04	1.06
17	1.00	1.06	1.14	1.24	1.29
18	0.99	0.97	0.93	0.90	0.89
19	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02
20	0.98	0.94	0.87	0.82	0.79
21	1.20	1.27	1.37	1.49	1.55
22	1.01	1.02	1.04	1.05	1.06
23	1.05	1.11	1.20	1.30	1.36
24	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05
25	1.02	1.06	1.12	1.19	1.22
26	1.04	1.13	1.27	1.44	1.53
27	1.05	1.19	1.41	1.67	1.83
28	1.07	1.17	1.32	1.49	1.58
29	1.01	1.03	1.06	1.10	1.11
30	0.96	0.89	0.79	0.70	0.66
31	1.06	1.17	1.36	1.58	1.70
32	1.06	1.17	1.36	1.58	1.70
33	1.06	1.17	1.36	1.58	1.70
34	1.10	1.16	1.26	1.36	1.42
35	1.09	1.30	1.68	2.17	2.47
36	1.09	1.30	1.68	2.17	2.46
99	1.04	1.09	1.18	1.28	1.34

Nota: (\*) $\Delta_{\text{pobl}}$ : Incremento de la población, en %, dividido 100.

Pero como ya se ha dicho, la variación de los viajes, además de estar vinculada al crecimiento demográfico, está también vinculada al crecimiento económico, el cual se a referido en el presente trabajo al IPC que surge de dividir el PBG por la población.

### II.3.1.2 Proyección de la actividad económica para el periodo de diseño.

Para calcular la evolución de la economía, es necesario conocer los IPC futuros del periodo en estudio. Los IPC, se calculan dividiendo las proyecciones de los productos brutos por las de la población, las que fueron estimadas en el punto anterior para los años 2010, 2020, 2030, y 2035.

Para la proyección del producto bruto resulta necesario asumir una hipótesis de crecimiento para el periodo de diseño. A tal fin, se tiene en cuenta la evolución histórica del PBI nacional considerando ciclos iguales al del periodo de diseño, o sea 30 años.

### Evolución Histórica del P.B.I Nacional:

**Tabla 2.7:** Evolución del P.B.I. en periodos de 30 años desde 1935 a 2003. (Datos elaborados de estadísticas del INDEC,2005)

Periodos de 30 años	Variación Porcentual	Periodos de 30 años	Variación Porcentual	Periodos de 30 años	Variación Porcentual
1935 a 1965	132.37	1948 a 1978	113.03	1961 a 1991	87.20
1936 a 1966	131.94	1949 a 1979	130.98	1962 a 1992	113.63
1937 a 1967	121.99	1950 a 1980	131.53	1963 a 1993	131.35
1938 a 1968	130.82	1951 a 1981	109.75	1964 a 1994	126.53
1939 a 1969	141.29	1952 a 1982	113.47	1965 a 1995	99.18
1940 a 1970	150.22	1953 a 1983	108.42	1966 a 1996	107.36
1941 a 1971	149.16	1954 a 1984	107.02	1967 a 1997	118.40
1942 a 1972	154.15	1955 a 1985	87.99	1968 a 1998	117.46
1943 a 1973	171.56	1956 a 1986	99.11	1969 a 1999	93.57
1944 a 1974	157.26	1957 a 1987	94.28	1970 a 2000	82.24
1945 a 1975	164.21	1958 a 1988	84.24	1971 a 2001	66.25
1946 a 1976	142.53	1959 a 1986	85.65	1972 a 2002*	43.65
1947 a 1977	132.19	1960 a 1990	78.97	1973 a 2003	47.17

(\*) Periodo de 30 años, en el cual se registro el menor incremento del P.B.I.

En razón a los argumentos expuestos se considera razonable asumir para el presente estudio, la siguiente hipótesis para el crecimiento anual del Producto Bruto Interno (PBI).

Período	Tasa*
Crecimiento P.B.I. 2006 - 2010	2.50%
Crecimiento P.B.I. 2011 - 2020	2.00%
Crecimiento P.B.I. 2021 - 2035	1.50%

Esta hipótesis de crecimiento del P.B.I. a lo largo del periodo de análisis, obedece a una situación económica estable, consolidada, que se asemeja a países de la región que han sostenido por décadas políticas económicas coherentes, como el caso de Chile. De este planteo surgen los siguientes valores proyectados del P.B.I. según tabla 2.8:

**Tabla 2.8:** Proyección del PBG para la ciudad de Córdoba.

PROYECCION P.B.G. CAPITAL (en miles)			
2010	2020	2030	2035
11016749	13429356	15585316	16789811

Este esquema supuesto para el crecimiento, determina un incremento del P.B.I. para el periodo de 30 años (2006 – 2035) del 68.22%. Valor superado en la casi totalidad de los 39 periodos de 30 años expuestos en tabla 2.7, siendo el crecimiento solo menor, en los periodos que abarcan la denominada “crisis del 2001”, es decir los últimos tres periodos de la tabla antes mencionada. La hipótesis de crecimiento resulta conservadora.

**Cálculo del IPC para el periodo de diseño:**

Dividiendo los valores proyectados del PBG de capital de tabla 2.8 por las poblaciones futuras de tabla 2.5, se obtienen los IPC, tabla 2.9.

**Tabla 2.9:** Proyección del IPC para la ciudad de Córdoba.

I.P.C. DTO CAPITAL			
2010	2020	2030	2035
7924	8939	9531	9813

Las variaciones del IPC tabla 2.10, pueden ser calculados con los valores de tablas 2.3 y 2.9, se tiene.

**Tabla 2.10:** Variación porcentual del crecimiento del IPC para la ciudad de Córdoba.

VARIACION CREC. I.P.C.				
2000/2003	2000/2010	2000/2020	2000/2030	2000/2035
0.77	1.21	1.37	1.46	1.50
-23%	21%	37%	46%	50%

El decrecimiento del IPC en el período 2000-2003 es acorde a situación económica existente en el país, desencadenada a partir de Diciembre de 2001, existiendo un cambio en el comportamiento a partir del año 2003, con una recuperación económica.

A fin de obtener los factores de crecimiento de viajes debido al crecimiento del ingreso de la población, representado por el IPC, resulta necesario el cálculo de la elasticidad de los viajes respecto del IPC.

**Determinación de la elasticidad viajes/IPC.:**

La elasticidad se obtiene dividiendo la variación porcentual del crecimiento de los viajes, (sin la influencia del crecimiento poblacional), dividido la variación porcentual del I.P.C. Con el objeto de determinar la elasticidad a aplicar, para la obtención de los factores de crecimiento debido al ingreso de la población, se analizan para distintos periodos, valores de PBI, PBG e IPC, tabla 2.11.

**Tabla 2.11:** Valores de PBI e IPC nacionales y PGB e IPC de la ciudad de Córdoba (Gerencia de estadísticas y Censos de la Provincia de Córdoba, 2005).

AÑO	VALORES NACIONALES			VALORES CIUDAD DE CBA		
	POBLACION	*P.B.I.	I.P.C.	POBLACION	*P.B.G.	I.P.C.
1973	24739946	156910	6342	859156	5320	6192
1994	33708909	230405	6835	1210935	7675	6338
2000	35895670	254125	7080	1273859	8338	6545

Los valores, del P.B.I. y PBG, están expresados en millones de pesos.

La cantidad de viajes en la ciudad de Córdoba, (U.N.C; 1994; e I.S.I.T; 2000), son los de tabla 2.12.

**Tabla 2.12:** Viajes Totales en Cdad. De Cba.

VIAJES CIUDAD DE CBA		
1973	1994	2000
989214	1528348	1936791

Se calcula la variación porcentual del I.P.C. observada entre los citados estudios de transporte, considerando tanto el P.B.I. nacional como el de la ciudad de Córdoba, tabla 2.13.

**Tabla 2.13:** Variación del IPC.

PERIODOS	VARIACION I.P.C. (%)	
	Según P.B.I. NACIONAL	Según P.B.I. CDAD DE CBA
1973 - 1994	7.77	2.36
1973 - 2000	11.62	5.71
1994 - 2000	3.58	3.27

A partir de aquí, con los viajes de tabla 2.12 y la variación del IPC de tabla 2.13, se calculan las elasticidades (viajes en Cdad. De Cba./I.P.C). Tablas 2.14. y 2.15.

**Tabla 2.14:** Elasticidad Viajes/IPC, de la ciudad de Córdoba.

PERIODOS	VARIACION (%) POBLACION CDAD DE CBA	VARIACION (%) VIAJES CDAD DE CBA	Elasticidad (Viajes/I.P.C.)
1973 - 1994	40.94	54.50	5.74
1973 - 2000	48.27	95.79	8.33
1994 - 2000	5.20	26.72	6.58

**Tabla 2.15:** Elasticidad Viajes/IPC, de la ciudad de Córdoba, calculados con valores de IPC nacional.

PERIODOS	VARIACION (%) POBLACION CDAD DE CBA	VARIACION (%) VIAJES CDAD DE CBA	Elasticidad (Viajes/I.P.C.)
1973 - 1994	40.94	54.50	1.74
1973 - 2000	48.27	95.79	4.09
1994 - 2000	5.20	26.72	6.02

Se aprecia en los valores de la elasticidad viajes/I.P.C., una gran diferencia según el periodo considerado, esto puede ser debido a la irregularidad que presentan los índices de crecimiento en la economía nacional, fruto de la alternancia histórica de ciclos de crecimiento y de recesión, como así también puede estar ocasionado por diferencias surgidas en la cantidad de viajes resultantes de cada estudio mencionado, ya que la forma en que se encuestó y la consideración de cómo se realizaron los viajes, como por ejemplo, los viajes a pie, pueden haber diferido entre los estudios.

Corresponde también señalar que en los períodos analizados el IPC ha registrado un incremento medio del orden del 6% y máximo del orden del 12% (ver Tabla N° 2.13). En cambio en el escenario pronosticado, si bien el incremento del IPC es bajo en términos anuales, el mismo se registra sostenido en el tiempo, lo que implica órdenes de magnitud muy superiores, por ejemplo del 21% en 10 años y de 50% en 35 años (ver Tabla N° 2.10)

Aplicar elasticidades del orden de magnitud de las obtenidas sobre crecimientos importantes del IPC (no registrados en el período histórico) implicaría potenciar en gran medida la generación futura de viajes, sin una base de sustento sólida.

Además las elasticidades obtenidas en tablas 2.14 y 2.15, resultan valores altos, teniendo en cuenta la bibliografía disponible. Trabajos locales (Arranz y otros, 2009; Galarraga y otros, 2009)

han indicado que la elasticidad sería levemente superior a la unidad y que podría ir disminuyendo a medida que el ingreso per cápita aumenta.

Tomando en cuenta todas estas consideraciones y adoptando un criterio conservador, se adoptan las siguientes elasticidades:

Para el período 2000 – 2010: elasticidad viajes / I.P.C. = 1,10

Para el período 2000 – 2020: elasticidad viajes / I.P.C. = 1,05

Para el período 2000 – 2030 y 2000 - 2035: elasticidad viajes / I.P.C. = 1,00

### Factor de Crecimiento de Viajes debido al Ingreso Per Capita:

Este factor esta dado por la ecuación 2.6.

$$F_{vIPC} = 1 + \varepsilon_{vIPC} \times \Delta_{IPC} \quad \text{Ecuación (2.6)}$$

Donde,  $F_{vIPC}$  es el factor de crecimiento de viajes debido al IPC,  $\varepsilon$  es la elasticidad viajes/IPC, y  $\Delta_{IPC}$  es la variación del IPC para un periodo dado.

Se tiene para cada periodo, tabla 2.16.

**Tabla 2.16:** Factores de Crecimiento de los Viajes por Variación del IPC.

FACTORES DE CREC. DE VIAJES POR VAR. I.P.C.				
2000/2003	2000/2010	2000/2020	2000/2030	2000/2035
0.77	1.22	1.38	1.47	1.51

Ahora sí es posible obtener los Factores de Crecimiento Total para cada zona  $i$ , teniendo en cuenta la influencia del crecimiento demográfico y el de la economía, expresada esta ultima a través del crecimiento del I.P.C.

#### II.3.1.3 Factor de crecimiento de los viajes.

El factor de crecimiento de los viajes resulta de combinar los ya obtenidos factores de crecimiento de viajes, debidos al crecimiento demográfico y el relacionado con el crecimiento económico, expresado este último por el IPC, ecuación 2.7.

$$F_{vi} = (1 + \Delta_{Pob}^i) \times (1 + \varepsilon_{vIPC} \times \Delta_{IPC}) \quad (2.7)$$

Donde,  $F_{vi}$ , factor de crecimiento de viajes de la zona  $i$ ,  $\Delta_{pob}$  es la tasa de crecimiento de la población de la zona  $i$ ,  $\varepsilon$  es la elasticidad de viajes respecto al IPC, y  $\Delta_{IPC}$ , el incremento del IPC.

En tabla 2.17, se resumen los factores de crecimiento total para cada zona y para cada umbral de tiempo considerado en el periodo de diseño.

Cabe aclarar que para el cálculo de estos factores de crecimiento, se consideró que el crecimiento del P.B.I. y por consiguiente del I.P.C., es igual para todas las zonas, lo que resulta una simplificación necesaria, debido a la falta de datos del mismo para cada zona de la ciudad.

Con los factores de crecimiento de viajes, y la aplicación del Método Fratar, se está en condiciones de proyectar todos los viajes con origen y destino en cada una de las 37 zonas en que se divide a la ciudad para el estudio.

**Tabla 2.17:** Factores de Crecimiento de Viajes por Periodos de tiempo.

ZONA	FACTORES TOTALES DE CREC. DE VIAJES POR PERIODOS				
	2000/2003	2000/2010	2000/2020	2000/2030	2000/2035
1	0.78	1.30	1.61	1.87	2.01
2	0.77	1.18	1.31	1.35	1.37
3	0.78	1.25	1.46	1.61	1.68
4	0.76	1.17	1.29	1.34	1.36
5	0.78	1.25	1.46	1.60	1.66
6	0.80	1.39	1.80	2.18	2.40
7	0.81	1.35	1.66	1.93	2.07
8	0.77	1.18	1.31	1.36	1.38
9	0.78	1.26	1.49	1.65	1.73
10	0.96	1.60	1.97	2.29	2.46
11	0.79	1.26	1.45	1.58	1.64
12	0.80	1.28	1.47	1.60	1.66
13	0.78	1.24	1.44	1.57	1.63
14	0.88	1.41	1.64	1.80	1.89
15	0.77	1.23	1.44	1.58	1.65
16	0.74	1.19	1.39	1.53	1.60
17	0.77	1.29	1.59	1.85	1.99
18	0.77	1.18	1.29	1.33	1.34
19	0.77	1.22	1.39	1.49	1.54
20	0.76	1.14	1.21	1.20	1.20
21	0.93	1.56	1.92	2.23	2.39
22	0.78	1.24	1.43	1.55	1.61
23	0.81	1.36	1.68	1.94	2.09
24	0.78	1.23	1.42	1.53	1.59
25	0.79	1.29	1.55	1.74	1.85
26	0.80	1.37	1.76	2.11	2.31
27	0.81	1.44	1.94	2.46	2.76
28	0.83	1.42	1.82	2.19	2.39
29	0.78	1.25	1.47	1.61	1.68
30	0.75	1.08	1.08	1.02	0.99
31	0.82	1.43	1.88	2.32	2.57
32	0.82	1.42	1.87	2.31	2.56
33	0.82	1.43	1.87	2.32	2.57
34	0.85	1.42	1.75	2.03	2.18
35	0.84	1.59	2.32	3.19	3.73
36	0.84	1.59	2.32	3.18	3.72
99	0.80	1.33	1.63	1.89	2.04

A través de la aplicación, de estos factores de crecimiento, resulta posible obtener la generación total de viajes estimados para cada periodo.

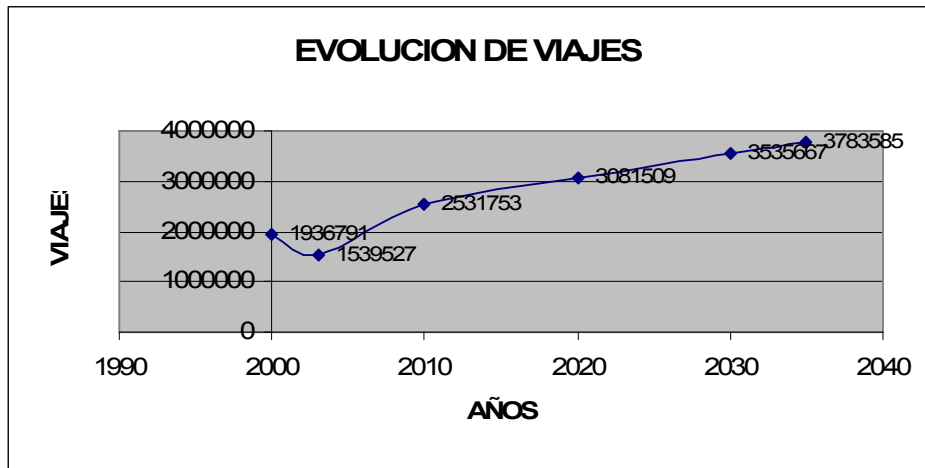
A continuación se muestran en tabla 2.18 los viajes estimados y la cantidad de viajes por habitante para cada horizonte de tiempo.



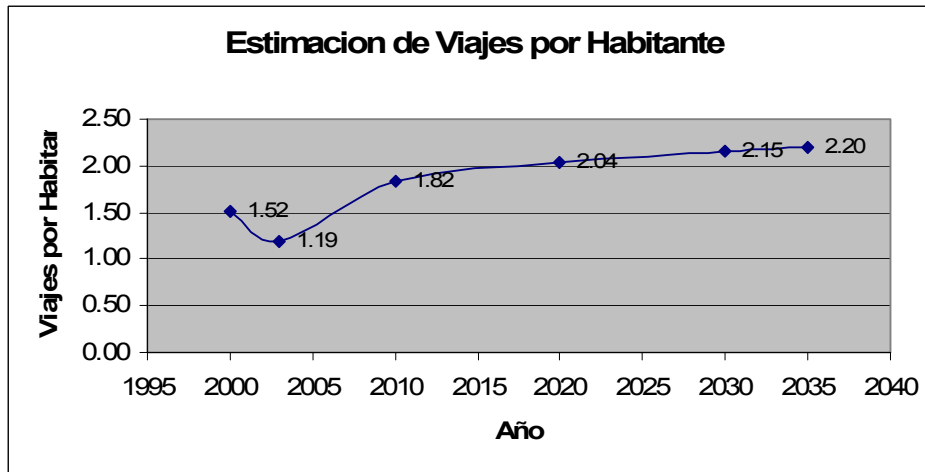
**Tabla 2.18:** Viajes Totales Estimados y Viajes por Habitante.

AÑO	VIAJES ESTIMADOS	VIAJES POR HABITANTE
2000	1936791	1.52
2003	1539527	1.19
2010	2531753	1.82
2020	3081509	2.04
2030	3535667	2.15
2035	3783585	2.20

Se presentan a continuación las figuras 2.2 y 2.3 de viajes estimados y viajes por habitante, respectivamente.



**Figura 2.2:** Evolución de los viajes



**Figura 2.3:** Estimación de viajes por habitante

De esta manera se aprecia que la ciudad muestra una tendencia de crecimiento hacia valores más cercanos a los obtenidos en países desarrollados, siendo los mismos comparables a los que se encuentran en países en similares condiciones de desarrollo (Institute of Transportation Engineers, 1999).

Lo que implica que las elasticidades y las tasas de crecimiento del P.B.I. adoptadas, pueden considerarse aceptables.

### II.3.2 Distribución de Viajes.

Como ya se dijo, se recurre al método Fratar, el cual está comprendido en el grupo de modelos de factor de crecimiento, este método permite proyectar el contenido de cada celda de la matriz elaborada por el I.S.I.T. en el año 2000, para lo cual se utilizan los factores de crecimiento total de tabla 2.19, y se realiza un proceso de iteración hasta lograr una convergencia razonable de los valores de las sumatorias, tanto de los Orígenes como de los Destinos, de todas las zonas.

Este método responde a la ecuación 2.5 ya explicada.

$$V_{ij} = \frac{F_i \times F_j \times v_{ij} (L_i + L_j)}{2}$$

A fin de ejemplificar la operatoria realizada con este método, se toma la matriz Origen – Destino proyectada para el año 2035, en la cual en la segunda iteración, las sumatorias convergen en un valor único.-

Se tiene que para la primera y segunda iteraciones, se obtienen los valores de  $F_i$ ,  $F_j$ ,  $L_i$ , y  $L_j$  de tabla 2.19:

Resultando de la segunda iteración, la matriz O – D para el año 2035, tabla 2.20.

Como comprobación de la operatoria realizada con el Fratar, se puede tomar la sumatoria de los orígenes de la zona 1 de la matriz O – D año 2000 y multiplicarla por el factor de corrimiento de dicha zona que figura en tabla 2.19, se tiene que:

Factor zona 1 = 2.01

Sumatoria Orígenes zona 1(año 2000) = 408324 viajes.

$2.01 \times 408324 = 820731$  (proyección sumatoria de orígenes zona 1 para el año 2035)

De matriz proyectada para año 2035 por método Fratar, tabla 2.20:

Sumatoria Orígenes zona 1 = 825508 viajes.

Esto significa que existe un “error” del 0.58%.

Las matrices resultantes finales del proceso, correspondientes a los años 2003, 2010, 2020, y 2030, se encuentran en el Anexo I “Matrices O – D de la ciudad de Córdoba”.

Tabla 2.19: Coeficientes F y L.

PRIMERA ITERACION				SEGUNDA ITERACION			
Fi	Fj	Li	Lj	Fi	Fj	Li	Lj
1.02	1.02	1.00	0.99	0.99	1.01	1.01	1.00
1.03	1.50	0.99	0.91	0.93	1.04	1.02	0.99
1.02	1.02	0.99	0.97	0.98	1.01	1.01	0.99
1.02	1.02	0.99	0.98	1.00	1.00	1.01	1.00
1.01	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.03	1.03	1.00	0.98	0.99	1.01	1.01	0.99
1.01	1.01	0.99	0.98	1.00	1.00	1.01	0.99
1.01	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00	1.01	0.99
0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.01	0.99
1.01	1.01	0.99	0.96	0.98	1.01	1.01	0.99
1.02	1.02	0.98	0.95	0.98	1.01	1.02	0.99
1.02	1.02	0.99	0.97	0.99	1.01	1.01	0.99
1.01	1.01	0.99	0.98	0.99	1.00	1.01	0.99
1.02	1.02	0.99	0.98	1.00	1.00	1.01	0.99
1.00	1.00	0.99	0.99	1.00	1.00	1.01	0.99
1.01	1.01	0.99	0.98	1.00	1.00	1.01	1.00
1.01	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00	1.01	0.99
1.02	1.02	0.99	0.98	0.99	1.00	1.01	0.99
1.02	1.02	1.00	0.98	0.99	1.01	1.01	0.99
0.99	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.01	0.99
1.02	1.02	0.99	0.97	0.99	1.00	1.01	0.99
1.00	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	1.01	0.99
1.02	1.02	0.99	0.98	1.00	1.00	1.01	0.99
1.01	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
0.98	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.96	0.96	1.01	1.00	1.00	1.01	1.00	0.99
0.97	0.97	1.01	1.00	1.00	1.01	1.00	0.99
1.01	1.01	0.99	0.98	0.99	1.00	1.01	0.99
1.03	1.02	0.99	0.98	1.00	1.00	1.01	0.99
0.98	0.98	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99
0.98	0.97	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.97	0.97	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99
0.97	0.97	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99
0.93	0.93	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99
0.93	0.93	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99
0.98	0.98	1.02	1.00	0.99	1.02	1.01	0.99



## **CAPITULO III**

### **MODELOS DE PREFERENCIAS DECLARADAS**

#### **III.1 INTRODUCCIÓN.**

En este capítulo se presenta el procedimiento empleado para determinar el porcentaje de participación que tendrá la línea de monorriel en el sistema de transporte masivo de pasajeros. Esta línea, se propone que se extienda a través del sector noroeste de la ciudad, uniendo el denominado “monolito de Villa Allende” con el centro de la ciudad.

El objetivo de la asignación modal, consiste en estimar los flujos de pasajeros entre las parejas de zonas de generación, para cada modo de transporte analizado.

##### **III.1.1 Factores que Influyen en la Asignación Modal.**

La selección del modo de transporte depende de tres conjuntos correspondientes a distintos atributos a saber:

- Atributos del desplazamiento;
- Atributos del usuario;
- Atributos del sistema de transporte.

Los atributos más importantes pueden variar, dependiendo si los flujos analizados son de mercancías o de pasajeros. Los atributos del desplazamiento dependen de distintos elementos como las expuestas a continuación:

- Motivo del viaje (ejemplo: trabajo, escuela, compras, diversión):
- Destino, si es urbano o regional.
- Período en el cual el viaje es hecho.
- Frecuencia de los viajes
- Distancia del viaje.
- Permanencia en el destino.

Con respecto a los atributos de los usuarios, algunos componentes más importantes son los descriptos a continuación:

- Posesión de automóviles: Cantidad de autos.
- Ingreso familiar o individual.
- Nivel cultural.
- Estructura familiar.

Por último, en cuanto a las características de la oferta de transporte, ellas pueden ser clasificadas en cuantitativas y cualitativas. Entre las cualitativas, se pueden diferenciar atributos con distintos grados de dificultad de medición. Para ilustrar, se indican las siguientes variables:

- Costo del viaje (tarifa del transporte público, de estacionamiento, costo combustible, etc.).
- Tiempo de viaje en el vehículo.
- Tiempo de espera (por transporte público, en el estacionamiento, caminando).
- Confort y conveniencia.
- Seguridad (personal y accidentes):
- Regularidad y confiabilidad.
- Accesibilidad.

La inclusión de estos factores en la elaboración de los modelos de selección modal está restringida por el tipo, cantidad y calidad de la información disponible para la calibración.

### III.1.2 Modelos de Asignación. Modelos de Elección Discreta.

Estos modelos tienen su fundamento, en elecciones observadas sobre viajeros individuales. El principio básico de los modelos de elección discreta tiene la siguiente definición:

***“La probabilidad de que un individuo escoja una cierta opción, es función de sus características socioeconómicas, de lo atractiva que resulte la alternativa en cuestión en comparación con las demás”.*** (Ortúzar y Willumsen, 2001). .

Para representar lo atractivo de las alternativas, se suele usar el concepto de utilidad. Dicha utilidad, está dada en general como una combinación lineal de variables o atributos, referidos a los modos de transporte y a características socio económicas de los usuarios. A su vez cada atributo estará afectado por un coeficiente, el cual dará el peso o importancia del mismo.

A fin de predecir si una determinada opción va ser escogida, de acuerdo al valor de su utilidad, este debe transformarse en un valor de probabilidad entre 0 y 1. Para esto existe un gran numero de transformaciones matemáticas que se caracterizan por tener curvas en forma de “S”, tales como los modelos logit y el probit.

## III.2 ENCUESTAS DE PREFERENCIAS DECLARADAS

Como el monorriel elevado se trata de un modo de transporte no existente en el sitio de estudio, se recurre a la realización de las denominadas “encuestas de preferencia declaradas”. En ellas se confrontan al hipotético usuario del monorriel elevado, con el usuario tradicional del ómnibus y con el del vehículo particular.

En este tipo de encuestas, las opciones son presentadas al encuestado como una comparación entre los atributos de dos modos alternativos. En este caso se presentan las disyuntivas, monorriel vs. Ómnibus y monorriel vs. Automóvil particular. Ante cada opción, se tiene una escala semántica, en la cual se declaran las preferencias para realizar el viaje, en uno u otro medio.

Se asume que los habituales usuarios de los servicios de ómnibus, taxis y remises, y del automóvil particular, tendrán la posibilidad de elegir el monorriel elevado. Con esta nueva alternativa de transporte, se generará una nueva partición modal, distinta a la presente en el estudio del año 2000 realizado por el I.S.I.T. La nueva partición modal surge del análisis de los resultados de las encuestas de preferencia declaradas.

De esta manera, el porcentaje en la partición modal correspondiente a la línea de monorriel dentro del transporte masivo, estará conformado por fracciones de los actuales usuarios del ómnibus, del automóvil particular, y de los taxis y remises.

Para este estudio se asume que un factor importante en el comportamiento de los usuarios es la distancia al centro desde su lugar de residencia. Para este análisis, se considera a la ciudad dividida en sectores circulares concéntricos al centro según los siguientes rangos de distancia:

- Sector 1: Desde el centro hasta un radio de 8 Km.
  - Sector 2: Desde el radio 8 Km., hasta un radio 14 Km.
  - Sector 3: Desde el radio 14 Km., hasta un radio 20 Km.
- (Todos radios aproximados).

### III.2.1 Transporte Público Masivo Vs. Monorriel.

Se encuestan la cantidad de 40 usuarios del transporte público masivo en hora pico y en paradas ubicadas en cada sector. Uno de ellos el C.P.C. (centro de participación comunal) de Arguello, y también se realizan encuestas en importantes negocios en cada sector en los que sea dividido el recorrido.

Los encuestados deben elegir uno u otro medio en cada una de las tres opciones dadas. En estas opciones se plantean distintas valoraciones de los atributos seleccionados para cada modo de transporte. Dado a que el recorrido planteado para la línea del monorriel une zonas residenciales con el centro de la ciudad, se centra la pregunta en aquellos viajes generados en el hogar. Las preguntas plantean un hipotético viaje de un usuario, con valores de tarifas, tiempos de espera, frecuencias y tiempos de viaje para ambos medios comparados. De esta manera se podrá establecer la sensibilidad de los usuarios a cambios en los atributos considerados.

A continuación se detalla formulario utilizado para la encuesta.

#### Formularios de Encuestas.

Pregunta:

*“Suponga que Ud. debe realizar un viaje, desde su casa al centro u otro sitio de la ciudad, y existe un servicio de ómnibus con parada a dos cuadras de su casa; y un Servicio de monorriel elevado con parada a 5 cuadras de su casa, con frecuencia de 20 minutos, y de muy buena regularidad lo que implica esperas inferiores a 5 minutos. Determine su elección en función de las siguientes situaciones:”*

#### - Formulario para usuarios que viven en un radio de 8 Km. del centro (Sector 1).

FACTORES DE OMNIBUS			FACTORES DE MONORRIEL		MARQUE CON UNA	
Tarifa (\$)	Tiempo de espera en minutos	Tiempo de Viaje en minutos	Tarifa (\$)	Tiempo de Viaje en minutos	CRUZ SU ELECCION	
					OMNIBUS	MONORRIEL
1	7.5	13	1	7		
1.3	5	13	1.5	7		
1.3	5	13	1.75	7		

#### - Formulario para usuarios que viven en un radio de 8 A 14 Km. del centro (Sector 2).

FACTORES DE OMNIBUS			FACTORES DE MONORRIEL		MARQUE CON UNA	
Tarifa (\$)	Tiempo de espera en minutos	Tiempo de Viaje en minutos	Tarifa (\$)	Tiempo de Viaje en minutos	CRUZ SU ELECCION	
					OMNIBUS	MONORRIEL
1	7.5	35	1	18		
1.3	5	35	1.5	18		
1.3	5	35	1.75	18		

- Formulario para usuarios que viven en un radio de 14 A 20 Km. del centro (Sector 3).

FACTORES DE OMNIBUS			FACTORES DE MONORRIEL		MARQUE CON UNA CRUZ SU ELECCION	
Tarifa (\$)	Tiempo de espera en minutos	Tiempo de Viaje en minutos	Tarifa (\$)	Tiempo de Viaje en minutos	OMNIBUS	MONORRIEL
1	7.5	53	1	28		
1.3	5	53	1.5	28		
1.3	5	53	1.75	28		

Como se ve, los atributos que forman parte de la encuesta son:

1. Tarifa del ómnibus ( $T_R^o$ ). Se toman valores de \$1.00 y \$1.30.
2. Tiempo de espera del ómnibus ( $t_E^o$ ). De acuerdo a frecuencias obtenidas de la Municipalidad de Córdoba.
3. Tiempo de viaje en ómnibus ( $t_V^o$ ). De acuerdo a velocidades de viaje de 19 km/h. según datos de la Municipalidad de Córdoba, y verificadas en campaña, y planteadas las mismas desde el baricentro de cada uno de los tres sectores planteados, hasta el centro de la ciudad.
4. Tarifa del monorriel elevado ( $T_R^m$ ). Se toman valores de \$ 1.00, \$ 1.50 y \$ 1.75.
5. Tiempo de viaje en monorriel ( $t_V^m$ ). De acuerdo a velocidades de viaje de 36 km/h. (The Monorails Society, 2004); e (Hitachi Co.,2005).

No es considerado el sector como un atributo debido a que las variables de tiempo de viaje son dependientes del mismo.

Las respuestas de los encuestados se valoraran en 1 en caso de que opten por el monorriel elevado y en 0 en caso de optar por el ómnibus. Con datos de entrada 0 y 1, es posible a través de un modelo logit, encontrar el valor de la probabilidad de elegir el monorriel elevado. Esta probabilidad de elección es función de los valores que tomen los distintos atributos para ambos medios. (Ver Anexo II, *Resultados de encuestas de preferencia declaradas*).

La expresión es la ecuación 3.1 y la cual representa una grafica de forma de "s":

$$P(1) = \frac{e^u}{1 + e^u} \tag{3.1}$$

En donde: P(1) es la probabilidad de elegir el monorriel, u es la utilidad de la combinación de ambos modos de transporte, y e, es la base de los logaritmos neperianos.

Se adopta la siguiente ecuación 3.2 para la cuantificación de la utilidad:

$$u = c + b_1 \times T_R^o + b_2 \times t_E^o + b_3 \times t_V^o + b_4 \times T_R^m + b_5 \times t_V^m \tag{3.2}$$



La utilidad será la valoración del usuario en base a las cualidades o atributos de los medios de transporte evaluados. El valor de la misma dará la probabilidad de elección de uno u otro medio, se tendrá que a medida que el valor de la utilidad aumenta, entonces aumentará la probabilidad de elegir el monorriel y caerá con su disminución.

Se tienen 3 encuestas por cada sector y 40 encuestados por sector, dando esto, 360 elecciones declaradas. Estos resultados se cargan en el programa e-views 3.1 (MicroSoft, 1995). El programa, resuelve la ecuación de utilidad (3.2) obteniéndose los coeficientes  $c$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$ , y  $b_5$ . Para encontrar la ecuación de utilidad que mejor ajusta, se realizan distintas iteraciones del programa e-views, con distintas combinaciones de atributos.

### Iteración nº 1

En la primera iteración, se adopta la ecuación con todos los atributos considerados, (ver tabla 3.1). Las variables seleccionadas poseen valores del parámetro estadístico Prob. Un valor del Prob igual o menor a 0.05, implica que la variable resulta significativa. En caso de que el (Prob) sea mayor a 0.05, no se puede aseverar que los coeficientes que pesan a cada variable no sean igual a cero. Esto es así, con un intervalo de confianza del 95%. En la presente corrida, se puede observar que ninguno se encuentra bajo ese valor, esto se puede deber al pequeño tamaño de la muestra.

En cuanto a la elección de una ecuación de utilidad entre varias posibles, se tienen como parámetros estadísticos determinantes en esta elección, al parámetro avg log likelihood y al denominado Criterio de Información de Akaike. El parámetro avg log likelihood, brinda el grado de ajuste de la ecuación de utilidad en forma global. La ecuación de utilidad que mejor ajuste tendrá el avg log likelihood con el mayor valor absoluto. En cuanto al Akaike, ecuación 3.3, es un parámetro para la selección de modelos no anidados. Se debe seleccionar el modelo que resulte con menor valor en el mismo. Se puede decir que el akaike, es una medida de la bondad del ajuste de un modelo estadístico, ofreciendo una valoración relativa de la pérdida de información cuando un modelo se utiliza para describir la realidad.

En el caso general el Akaike (AIC), es:

$$AIC = 2K - 2\ln(L) \quad (3.3)$$

Donde:  $K$ , es el número de parámetros del modelo estadístico;  $L$ , es el valor maximizado del likelihood (probabilidad) de la función del modelo estimado.

La metodología del AIC, trata de encontrar el modelo que mejor explica los datos con un mínimo de parámetros libres,

**Tabla 3.1:** Iteración nº 1 de programa e-views 3.1.

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	C = 2.715789	1.579413	1.405871	0.1876
TO	b1=0.978905	1.679453	0.596776	0.5876
TEO	b2=0.131228	0.099472	1.402690	0.1607
TVO	b3=0.031291	0.230353	0.164057	0.8697
TM	b4=-2.024404	1.086272	-1.878354	0.0603
TVM	b5=-0.005169	0.485816	-0.009906	0.9983
Mean dependent var	0.595111	S.D. dependent var	0.496942	

S.E. of regression	0.473814	Akaike info criterion	1.242899
Sum squared resid	77.74470	Schwarz criterion	1.376873
Log likelihood	-221.7219	Hannan-Quinn criter.	1.434360
<hr/>			
Avg. log likelihood	-0.537331		
<hr/>			
Obs with Dep=0	158	Total obs	360
Obs with Dep=1	202		

En esta iteración, los probabilísticos de los parámetros, han resultado muy superiores a 0.05, salvo en el caso de TM.

### Iteración nº 2

A continuación, se prueba con la ecuación ensayada en la iteración 1, pero sin el término independiente (variable no explicada) "c", para el cual se había obtenido un valor absoluto importante.

Efectuada la correspondiente corrida del programa, los coeficientes que pesan los atributos son:

b1= 0.978905; b2= 0.139528; b3= 0.037791; b4= -2.040404 y b5= -0.004269

A continuación en tabla 3.2, se reproduce la iteración del programa e-views 3.1:

**Tabla 3.2:** Iteración nº 2 de programa e-views 3.1.

Dependent Variable: OPCION  
Method: ML - Binary Logit  
Date: 12/07/05 Time: 20:21  
Sample: 1 360  
Included observations: 360  
Convergence achieved after 7 iterations  
Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
TO	b1=0.978905	1.669413	0.586376	0.5576
TEO	b2=0.139528	0.099472	1.402690	0.1607
TVO	b3=0.037791	0.230353	0.164057	0.8697
TM	b4=-2.040404	1.086272	-1.878354	0.0603
TVM	b5=-0.004269	0.439816	-0.009706	0.9923
<hr/>				
Mean dependent var	0.561111	S.D. dependent var	0.496942	
S.E. of regression	0.461814	Akaike info criterion	1.242899	
Sum squared resid	75.71170	Schwarz criterion	1.296873	
Log likelihood	-218.7219	Hannan-Quinn	1.264360	
criter.				
Avg. log likelihood	-0.607561			
<hr/>				
Obs with Dep=0	158	Total obs	360	
Obs with Dep=1	202			

### Iteración nº 3

A continuación se analiza la posibilidad de no considerar las tarifas, en tabla 3.3, se muestra los resultados de la iteración del (e-views), para esta situación.

**Tabla 3.3:** Corrida nº 3 de programa e-views 3.1.

Test Equation:  
Dependent Variable: OPCION  
Method: ML - Binary Logit  
Date: 11/01/06 Time: 11:40  
Sample: 1 360

Included observations: 360  
 Convergence achieved after 7 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
TEO	-0.034032	0.038053	-0.894330	0.3711
TVO	0.050094	0.218978	0.228764	0.8191
TVM	-0.063240	0.417963	-0.151305	0.8797
Mean dependent var	0.561111	S.D. dependent var	0.496942	
S.E. of regression	0.489237	Akaike info criterion	1.351461	
Sum squared resid	85.44909	Schwarz criterion	1.383845	
Log likelihood	-240.2630	Hannan-Quinn criter.	1.364338	
Avg. log likelihood	-0.667397			
Obs with Dep=0	158	Total obs	360	
Obs with Dep=1	202			

Como se observa, los valores del parámetro (prob) indican que las variables no son significativas, al igual del caso anterior, con el agravante de obtener signo incorrecto para TEO y tener un valor mayor del parámetro Akaike, a pesar de haber mejorado en el valor del parámetro Avg. Log likelihood.

**Iteración nº 4**

Se ejecuta el programa en una nueva situación considerando ahora las tarifas en reemplazo de los tiempos de viaje, a fin de observar lo que ocurre con los parámetros estadísticos que evalúan a la ecuación de utilidad sin este par de variables extraídas, se tiene la tabla 3.4:

**Tabla 3.4:** Iteración nº 4 de programa e-views 3.1.

Test Equation:  
 Dependent Variable: OPCION  
 Method: ML - Binary Logit  
 Date: 11/01/06 Time: 11:51  
 Sample: 1 360  
 Included observations: 360  
 Convergence achieved after 5 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
TO	1.480240	1.602845	0.923508	0.3557
TEO	0.200286	0.095426	2.098860	0.0358
TM	-1.883772	1.042378	-1.807186	0.0707
Mean dependent var	0.561111	S.D. dependent var	0.496942	
S.E. of regression	0.477554	Akaike info criterion	1.303652	
Sum squared resid	81.41667	Schwarz criterion	1.336036	
Log likelihood	-231.6574	Hannan-Quinn criter.	1.316529	
Avg. log likelihood	-0.643493			
Obs with Dep=0	158	Total obs	360	
Obs with Dep=1	202			

Se ve que existe una mejora en el valor (prob.) vinculado al tiempo de espera del ómnibus, siendo este menor que 0.05, pero se mantienen los otros dos por encima de este valor. Por otra parte, el ajuste de la ecuación dado por el parámetro akaike, sufre una merma, ya que resulta mayor que en la primera iteración, habiendo una mejora en el valor del parámetro avg. Log. Likelihood.

**Iteración nº 5**

Se involucra en la misma, el termino independiente “c” o termino que incluye a las variables no explicadas, y se le extrae el tiempo de espera del ómnibus.

Se tiene, la siguiente iteración, en tabla 3.5:

**Tabla 3.5:** Iteración nº 5 de programa e-views 3.1.

Dependent Variable: OPCION  
Method: ML - Binary Logit  
Date: 12/07/05 Time: 20:23  
Sample: 1 360  
Included observations: 360  
Convergence achieved after 7 iterations  
Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	2.209192	1.574968	1.402690	0.1607
TO	-0.183828	2.409550	-0.076291	0.9392
TVO	0.037791	0.230353	0.164058	0.8697
TM	-2.040404	1.086272	-1.878354	0.0603
TVM	-0.004269	0.439816	-0.009707	0.9923
Mean dependent var	0.561111	S.D. dependent var	0.496942	
S.E. of regression	0.461814	Akaike info criterion	1.242899	
Sum squared resid	75.71170	Schwarz criterion	1.296873	
Log likelihood	-218.7219	Hannan-Quinn criter.	1.264360	
Restr. log likelihood	-246.8374	Avg. log likelihood	-0.607561	
LR statistic (4 df)	56.23102	McFadden R-squared	0.113903	
Probability(LR stat)	1.79E-11			
Obs with Dep=0	158	Total obs	360	
Obs with Dep=1	202			

Como se puede apreciar, mas allá de los valores altos del termino probabilístico, algunos coeficientes resultan con un signo, que hace a la ecuación ilógica, como por ejemplo, el signo negativo de la tarifa del ómnibus, implica que mientras mas aumente la tarifa del ómnibus, mas opten por el en lugar del monorriel.

**Modelo Adoptado**

El modelo obtenido en la iteración dos (2) resulta superior al de la iteración uno (1), ya que sus parámetros average log likelihood y akaike son dominantes.

El modelo obtenido en la iteración cuatro (4) resulta superior a los obtenidos en las iteraciones tres (3) y cinco (5) ya que estos últimos presentan signos incorrectos.

Comparando los modelos de las iteraciones dos (2) y cuatro (4) se considera que el primero resulta más conveniente dado que intervienen todas las variables con los signos correctos y además presenta un mejor valor para el criterio akaike.

La expresión final de la utilidad a utilizar, es la correspondiente a la iteración nº2, y es la siguiente:

$$u = 0.978905 \times T_R^o + 0.139528 \times t_E^o + 0.037791 \times t_V^o + (-2.040404) \times T_R^m + (-0.004269) \times t_V^m \quad (3.4)$$

A partir de esta expresión se puede evaluar la utilidad para cualquier combinación de atributos. Con el valor de la utilidad y su incorporación en la ecuación 3.1, resulta posible determinar, la probabilidad de que se elija 1, o sea el monorriel elevado, o se lo deseche.

En la ecuación 3.4 se observa como impacta de la tarifa multiplicada por su coeficiente negativo (b4) en el caso del monorriel. Esto hace que para un pequeño aumento de la misma, la utilidad combinada disminuya, la cual incrementa la probabilidad de elegir el ómnibus. Así mismo se aprecia que el atributo tiempo de viaje afectado por el coeficiente (b5), en el monorriel, no produce alteración importante en la utilidad. En cuanto a los atributos del ómnibus, se tiene que la tarifa y el tiempo de espera constituyen los atributos de mayor importancia ya que están afectados por los coeficientes (b1) y (b2), los cuales aumentan considerablemente los valores de la utilidad combinada disminuyendo la probabilidad de elegir ómnibus. También se advierte que el atributo de tiempo de viaje en {ómnibus afectado por el coeficiente (b3) no produce modificación importante sobre la utilidad.

En definitiva, de acuerdo al modelo adoptado, las variaciones en el tiempo de espera de ómnibus y en las tarifas, impactan la selección modal de manera mucho más importante que las variaciones en los tiempos de viaje. Estos resultados son coherentes con los obtenidos en las diferentes iteraciones realizadas.

Dado las 360 elecciones que se han obtenido, con sus respectivas respuestas de preferencia por uno u otro medio, es posible trazar la curva de probabilidades de elección para esos datos (ver figura 3.1).

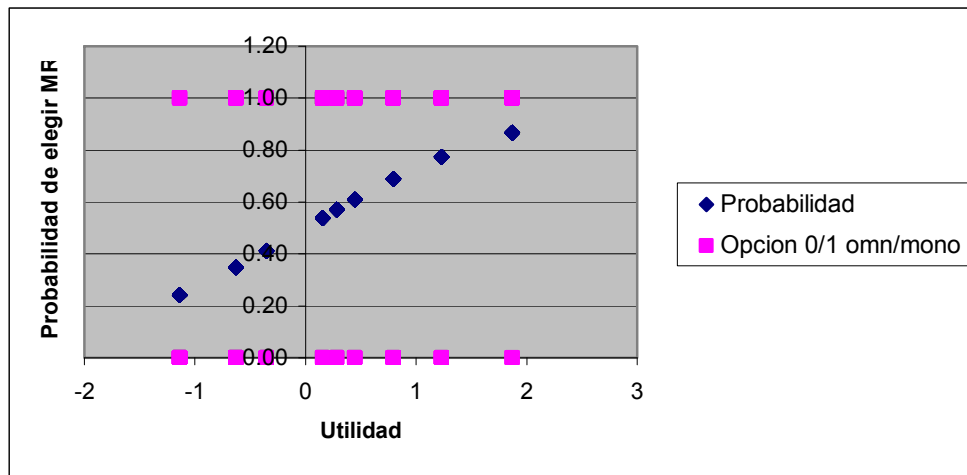


Figura 3.2: Probabilidad de elegir monorriel

Como se aprecia la curva de datos se ajusta al algoritmo elegido, el cual tiene forma de “S”, característico de los modelos logit y probit.

De esta opción se obtienen los resultados expuestos en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Probabilidad y resultados de encuestas.

	prob. >0,50	prob. <0,50
opción(1) Monorriel	161	41
opción (0) Ómnibus	79	79

**% Correctos:** Son las elecciones con probabilidades mayores de 0.50 (de elegir el monorriel), y que a su vez fueron elecciones del monorriel por parte de los encuestados, elecciones a las cuales se les atribuyo el valor de (1) + elecciones con probabilidades menores que 0.50 (de elegir

el monorriel), cuyos encuestados optaron por el ómnibus, a las cuales se le atribuyo el valor (0).  $(161+79) \times 100/360 = 66.67\%$ .

**% Incorrectos:** elecciones con probabilidades mayores de 0.50 (de elegir el monorriel), donde los encuestados optaron por ómnibus o sea se les dio el valor de (0) + elecciones con probabilidades menores que 0.50 (de elegir el monorriel), y que optaron por monorriel y se les dio el valor (1).  $(79+41) \times 100/360 = 33.33\%$ .

Se transcribe a continuación tabla 3.7, donde se refleja para cada opción de elección, los valores que toman la utilidad y la probabilidad de elegir el monorriel.

**Tabla 3.7:** Valores de Utilidad y Probabilidad de elegir el monorriel..

	Sector	Tarifa Omn.	Tiempo de espera Omn.	Tiempo de Viaje Omn.	Tarifa Mono	Tiempo de Viaje Mono	Utilidad	Prob. De elegir Monorriel
<b>Opciones</b>	1	1	7,5	13	1	7	0,446359	0,61
	1	1,3	5	13	1,5	7	-0,62899	0,35
	1	1,3	5	13	1,75	7	-1,13909	0,24
	2	1	7,5	35	1	18	1,230799	0,77
	2	1,3	5	35	1,5	18	0,155449	0,54
	2	1,3	5	35	1,75	18	-0,35465	0,41
	3	1	7,5	53	1	28	1,868345	0,87
	3	1,3	5	53	1,5	28	0,792994	0,69
	3	1,3	5	53	1,75	28	0,282893	0,57

### III.2.2 Monorriel Vs. Vehículo Particular.

De la misma manera que en el caso anterior, se encuestan la cantidad de 40 usuarios en carácter de conductores vehículos particulares por lugares seleccionados en cada sector, es decir; C.P.C. de Arguello, e importantes negocios en cada sector; lugares todos, a donde acuden numerosas personas del sector en su vehículo particular.

Los encuestados, como ya se dijo, deben elegir uno u otro medio en cada una de las tres opciones dadas. En estas opciones se plantean distintas valoraciones de los atributos seleccionados para cada modo de transporte.

La pregunta planteada, intenta evaluar si los atributos del nuevo sistema, en contraste con los del automóvil, hacen a la elección del monorriel para una cierta cantidad de usuarios del automóvil, provocando un corrimiento de los mismos hacia el nuevo medio.

La encuesta lleva el título y el siguiente enunciado:

#### **“ENCUESTA PARA USUARIOS DE VEHICULOS PARTICULARES”**

En esta encuesta la pregunta fundamental se escribe a continuación:

“Si usted tuviera un acceso a un medio de transporte rápido y masivo (monorriel elevado), que fuera capaz de llevarlo al centro de la ciudad, en igual o menor tiempo que el que usted emplea en su automóvil particular, y con esperas mínimas y horarios fijos de paso, aproximadamente cada 20 minutos. ¿Usted lo usaría en reemplazo de su automóvil?. Teniendo en cuenta lo siguiente:”

Con esta pregunta sobre un hipotético viaje, se pretende plantear al usuario del automóvil particular (conductor) la posibilidad de elección del monorriel. El conductor comparara los atributos

comunes a ambos medios, como el de tiempo de viaje, como así también circunstancias nuevas para él, como la de la espera en una parada con horarios de paso prefijados y la de tener que caminar para acceder a la parada. Así mismo se le presenta una estimación del costo en combustible que tendría en su vehículo en un viaje como el relatado. En este caso la tarifa del monorriel no es presentada en la encuesta por considerarse que su costo no es significativo para un usuario de automóvil particular, el cual enfrenta de seguro costos monetarios de mayor consideración que la tarifa de un servicio masivo. Entre estos costo se tienen los del combustible, el estacionamiento, mantenimiento del vehículo, etc., centrándose su elección en atributos como el confort, tiempos de viaje, etc.

A continuación se muestra los formularios para cada sector:

FORMULARIO PARA USUARIOS QUE VIVEN EN UN RADIO DE 8 KM DEL CENTRO

FACTOR DE MONORRIEL	FACTOR DE AUTO	MARQUE CON CRUZ SU ELECCION	
Dist. A parada del Monorriel	Costo Combustible (\$)	AUTO	MONORRIEL
<200 m	0.8		
200 a 400 m	0.8		
>400m	0.8		

FORMULARIO PARA USUARIOS QUE VIVEN EN UN RADIO DE 8 A 14 KM DEL CENTRO

FACTOR DE MONORRIEL	FACTOR DE AUTO	MARQUE CON CRUZ SU ELECCION	
Dist. A parada del Monorriel	Costo Combustible (\$)	AUTO	MONORRIEL
<200 m	1.1		
200 a 400 m	1.1		
>400m	1.1		

FORMULARIO PARA USUARIOS QUE VIVEN EN UN RADIO DE 14 A 20 KM DEL CENTRO

FACTOR DE MONORRIEL	FACTOR DE AUTO	MARQUE CON CRUZ SU ELECCION	
Dist. A parada del Monorriel	Costo Combustible (\$)	AUTO	MONORRIEL
<200 m	1.7		
200 a 400 m	1.7		
>400m	1.7		

Como se ve los atributos que forman parte de la encuesta son :

1. Distancia a la parada (*distpar*) (en franjas o umbrales de caminata de 1 a 3 de acuerdo a las distancias de caminata) desde el punto origen del viaje hasta la parada mas cercana del monorriel. Se tienen de esta manera tres zonas adyacentes a la traza del monorriel, de ambos lados del mismo, de la cual se asume se nutre de usuarios el sistema, la primera es una inmediatamente adyacente a la línea, que abarca los primeros 200m, una segunda va desde los 200m hasta los 400m y una última franja que va desde los 400m a los 500m de distancia desde la línea del monorriel. Esto configura una franja de 1000 metros a lo largo del itinerario.
2. Costo de combustible (*comb*). Se considera un viaje de ida al centro de la ciudad, desde el centro de gravedad de cada sector y considerando un consumo para el vehículo particular de 1 lt. Cada 10 km.
3. Sector: Distancia de la zona de origen al centro. (Ya mencionado)

Las respuestas de los encuestados se valoran en 1 en caso de que opten por el monorriel elevado y en 0 en caso de optar por el automóvil, de esta manera se tratará de encontrar a través del un modelo logit precitado, el algoritmo que represente la probabilidad de elegir el monorriel en base a los valores que tomen los distintos atributos indicados para ambos modos.

La ecuación de la probabilidad es la misma que en punto anterior:

$$P(1) = \frac{e^u}{1 + e^u} \quad (3.1)$$

En donde:  $P(1)$  es la probabilidad de elegir el monorriel,  $u$  es la utilidad de la combinación de ambos modos de transporte, y  $e$ , es la base de los logaritmos neperianos.

De acuerdo a los atributos planteados se tiene la siguiente ecuación representativa de la utilidad de la combinación de ambos medios.

$$u = c + b_1 \times \text{dispar} + b_2 \times \text{comb} + b_3 \times \text{sector1} + b_4 \times \text{sector2} \quad (3.5)$$

Donde,  $C$  es el termino independiente, o parte no explicada;  $b_1$  es el coeficiente que afecta la variable (*dispar*);  $b_2$  es el coeficiente que afecta la variable (*comb*) y  $b_3$  es el coeficiente que afecta la variable *sector1* y  $b_4$  la variable *sector 2*.

Cada sector resulta con un comportamiento distinto a otro, debido a que las características de la población de cada uno no pueden considerarse iguales. Por esto resulta necesario considerar la ecuación de utilidad de acuerdo al sector.

Se tiene que la utilidad para el sector 1 el coeficiente  $b_3$  será igual a 1 y el coeficiente  $b_4$  igual a 0. Se tiene entonces la ecuación (3.6):

$$u_1 = c + b_1 \times \text{dispar} + b_2 \times \text{comb} + \text{sector1} \quad (3.6)$$

Así para la utilidad para el sector 2 el coeficiente  $b_3$  será igual a 0 y el coeficiente  $b_4$  igual a 1. Se tiene entonces la ecuación (3.7):

$$u_2 = c + b_1 \times \text{dispar} + b_2 \times \text{comb} + \text{sector2} \quad (3.7)$$

Por último para la utilidad para el sector 3, el coeficiente  $b_3$  y  $b_4$  son 0. Ecuación (3.8).

$$u_3 = c + b_1 \times \text{dispar} + b_2 \times \text{comb} \quad (3.8)$$



Al igual que en el caso anterior, los resultados de las encuestas, 3 por encuestados y 40 encuestados por sector dan 360 elecciones declaradas, las cuales se cargan en el programa denominado e-views 3.1. Con este programa resuelve la ecuación de utilidad obteniéndose los coeficientes  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  y el término de ordenada al origen o parte no explicada.

Se ejecutan 3 alternativas iteraciones, involucrando distintos atributos:

#### - Iteración nº 1

En esta se utiliza la ecuación de utilidad construida con un término independiente (c), y tres variables independientes o atributos explicado, los cuales son, *distpar*, y *comb*.

La iteración del e-views 3.1 es la siguiente en tabla 3.8:

**Tabla 3.8:** Iteración para alternativa nº 1, programa e-views 3.1.

Dependent Variable: OPCION				
Method: ML - Binary Logit				
Date: 11/12/09 Time: 13:22				
Sample: 1 360				
Included observations: 360				
Convergence achieved after 3 iterations				
Covariance matrix computed using second derivatives				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	1.590614	0.374680	4.245262	0.0000
DISTPAR	-0.832154	0.140819	-5.909382	0.0000
COMB	-0.017632	0.052495	-0.335871	0.7370
Mean dependent var	0.466667	S.D. dependent var	0.499582	
S.E. of regression	0.474735	Akaike info criterion	1.292633	
Sum squared resid	80.45822	Schwarz criterion	1.325017	
Log likelihood	-229.6739	Hannan-Quinn criter.	1.305509	
Restr. log likelihood	-248.7324	Avg. log likelihood	-0.637983	
LR statistic (2 df)	38.11701	McFadden R-squared	0.076623	
Probability(LR stat)	5.28E-09			
Obs with Dep=0	192	Total obs	360	
Obs with Dep=1	168			

En este caso, se observa que el valor probabilístico es menor a 0.05 en el caso del término independiente y del atributo *distpar*, no siéndolo en el caso del combustible.

Los coeficientes que pesan resultan:

$$c = 1.590614; b_1 = -0.832154; b_2 = -0.017632$$

Del análisis de los coeficientes, se puede observar que el valor del término independiente (c), es por demás significativo comparándolo con los coeficientes que pesan los atributos declarados. Este término representa todas las variables no explicadas en el modelo, que afectan la utilidad. El coeficiente que afecta al atributo *distpar*, indica lo importante del mismo en el cálculo de la utilidad, no así el que afecta a la variable *comb* donde su signo resulta ilógico ya que un aumento del combustible produce una baja en la utilidad, lo que hace desechar esta alternativa.

#### - Iteración nº 2

Se construye la ecuación de utilidad con los atributos *sector 1*, *sector 2* y *distpar*.

Se tiene lo siguiente, en tabla 3.9:

**Tabla 3.9:** Alternativa nº 2 , programa e-views 3.1.

Dependent Variable: OPCION  
 Method: ML - Binary Logit  
 Date: 11/03/09 Time: 16:50  
 Sample: 1 360  
 Included observations: 360  
 Convergence achieved after 3 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	1.599548	0.340157	4.702379	0.0000
SEC1	0.074460	0.272908	0.272838	0.7850
SEC2	-0.300799	0.274801	-1.094607	0.2737
DISTPAR	-0.837004	0.141354	-5.921337	0.0000
Mean dependent var	0.466667	S.D. dependent var	0.499582	
S.E. of regression	0.474169	Akaike info criterion	1.292677	
Sum squared resid	80.04174	Schwarz criterion	1.335855	
Log likelihood	-228.6818	Hannan-Quinn criter.	1.309845	
Restr. log likelihood	-248.7324	Avg. log likelihood	-0.635227	
LR statistic (3 df)	40.10122	McFadden R-squared	0.080611	
Probability(LR stat)	1.01E-08			
Obs with Dep=0	192	Total obs	360	
Obs with Dep=1	168			

En esta iteración el probabilístico resulta en inferior a 0.05 en los casos del término independiente y en el del atributo *distpar*, siendo muy elevado en el *sector1* y *sector2*.

Los coeficientes son los siguientes:

$$c = 1.599548; b_1 = -0.837004; b_3 = 0.074460 \text{ y } b_4 = -0.300799$$

El coeficiente ligado al término independiente, sigue resultando de importancia, mientras que el  $b_2$  que pesa a *distpar* tiene influencia significativa en el valor de la utilidad.

Se realiza un test de redundancia, a fin de estimar si es posible prescindir de las variables *sector 1* y *sector 2*, tabla (3.10).

**Tabla 3.10:** Valores del Test de Redundancia.

Redundant Variables: SEC1 SEC2

F-statistic	1.022471	0.360759
		Probability
Log likelihood ratio	2.097046	0.350455
		Probability

En ambos atributos, el probabilístico es mayor a 0.05, puedo prescindir de los dos ya que no es posible asegurar que no estén afectados por coeficientes igual a 0.

**- Iteración nº 3**

En esta alternativa, solo se explica la utilidad a partir de el termino independiente c y del atributo *distpar*, el cual se encuentra íntimamente ligado a la accesibilidad del usuario, o sea la distancia de caminata.

A continuación la iteración del e-views con la hipótesis adoptada, se presenta en tabla 3.11.

**Tabla 3.11:** Alternativa nº 3, programa e-views 3.1.

Dependent Variable: OPCION  
 Method: ML - Binary Logit  
 Date: 12/13/05 Time: 18:17  
 Sample: 1 360  
 Included observations: 360  
 Convergence achieved after 3 iterations  
 Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	1.514882	0.298058	5.082515	0.0000
DISTPAR	-0.831879	0.140789	-5.908703	0.0000
Mean dependent var	0.466667	S.D. dependent var	0.499582	
S.E. of regression	0.474199	Akaike info criterion	1.287391	
Sum squared resid	80.50152	Schwarz criterion	1.308980	
Log likelihood	-229.7303	Hannan-Quinn	1.295975	
Restr. log likelihood	-248.7324	crit.		
LR statistic (1 df)	38.00418	Avg. log likelihood	-0.638140	
Probability(LR stat)	7.06E-10	McFadden R-squared	0.076396	
Obs with Dep=0	192	Total obs	360	
Obs with Dep=1	168			

Aquí se tiene que ambos probabilísticos resultan significativos, están por debajo del valor 0.05, lo que descarta la posibilidad de que los coeficientes puedan llegar a ser cero, distorsionando la ecuación de manera no deseada.

Los coeficientes que pesan los atributos resultan:

$$c = 1.514882; b_1 = -0.831879$$

Aquí el valor del parámetro Akaike, muestra a la ecuación de la alternativa 3, con un mejor ajuste que las alternativas 1 y 2. En cuanto al parámetro Avg Log Likelihood, en la ecuación de la alternativa 3, presenta un valor absoluto mayor que en las otras dos ecuaciones.

**Modelo Adoptado**

De acuerdo a lo antes expuesto, se selecciona la ecuación de utilidad de la alternativa 3 como la de mejor bondad en el ajuste.

Reemplazando los valores, en la expresión final de la utilidad, se tiene la ecuación 3.9:

$$u = 1.514882 - 0.831879 \times \text{dispar} \tag{3.9}$$

A partir de esta expresión se puede evaluar la utilidad para cualquier valor del atributo distancia a parada (distpar), y obtener a través de la formula general (ecuación 3.1), la probabilidad de que se elija el monorriel elevado.

Como se puede observar, la distancia a la parada juega un importante rol en la elección de cambiar el automóvil particular por el sistema de transporte monorriel. No importa en que sector de los tres concéntricos en los cuales se ha dividido la ciudad, de acuerdo a su distancia al centro, el comportamiento del usuario del automóvil será el mismo. Esto último significa la importancia del confort en la elección, no siendo importante los tiempos de viaje, los cuales no fueron puestos

para su comparación en las encuestas, ya que en realidad, no existe una diferencia importante en las velocidades medias de viaje entre los medios automóvil y monorriel.

Dado las 360 elecciones que se han obtenido, es posible trazar la curva de probabilidades de elegir el monorriel elevado (ver figura 3.2).

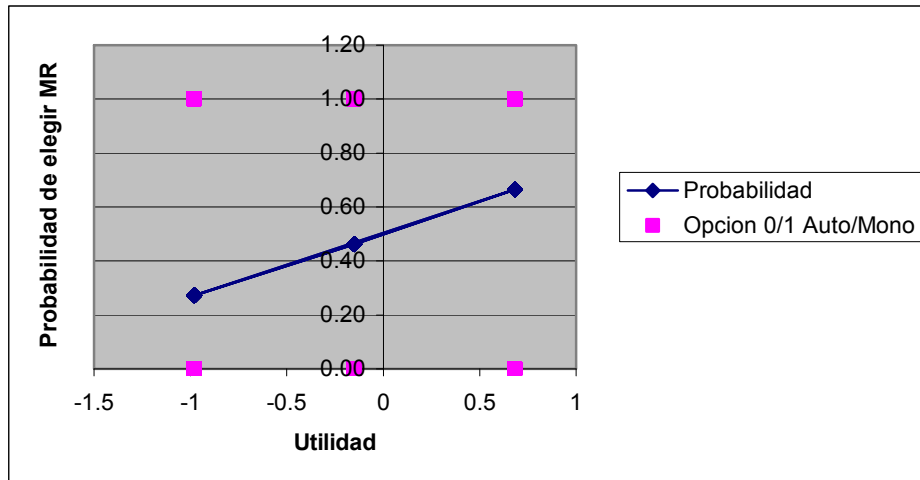


Figura 3.3: Probabilidad de elegir Monorriel

Tabla 3.12: Probabilidad y resultados de encuestas.

	prob. >0,50	prob. <0,50
opción(1) Monorriel	75	93
opción (0) Automovil	45	147

**% Correctos** (tabla 3.12): Son elecciones con probabilidades mayores de 0.50 (de elegir el monorriel), y que a su vez fueron elecciones del monorriel por parte de los encuestados. Estas elecciones a las cuales se les atribuyo el valor de (1) + las elecciones con probabilidades menores que 0.50 (de elegir el monorriel), cuyos encuestados optaron por el automóvil, a las cuales se le atribuyo el valor (0). Esto último da el porcentaje de correctos, lo que es igual a:  $(75+147)/360 = 61.67\%$ .

**% Incorrectos** (tabla 3.12): elecciones con probabilidades mayores de 0.50 (de elegir el monorriel), donde los encuestados optaron por automovil o sea se les dio el valor de (0) + elecciones con probabilidades menores que 0.50 (de elegir el monorriel), y que optaron por monorriel y se les dio el valor (1). Esto da el porcentaje de incorrectos, lo que es igual a:  $(45+93)/360 = 38.33\%$ .

Cabe acotar que las encuestas arrojaron que sobre 360 elecciones, 168 eligieron el monorriel y 192 el automóvil.

Se transcribe a continuación la tabla 3.13 en donde se refleja para cada opción de elección, los valores que toma la utilidad, y la probabilidad de elegir el monorriel.

**Tabla 3.13:** Valores de Utilidades y Probabilidades de elegir el monorriel

	Sector	Dist. Parada	Utilidad	Prob. De elegir
				Monorriel
<b>Opciones</b>	1	1	0,683003	0,66
	1	2	-0,14888	0,46
	1	3	-0,98076	0,27
	2	1	0,683003	0,66
	2	2	-0,14888	0,46
	2	3	-0,98076	0,27
	3	1	0,683003	0,66
	3	2	-0,14888	0,46
	3	3	-0,98076	0,27

Debido a la estrechez de la faja de influencia, (500 metros hacia cada lado del trazado), se trabaja con un valor ponderado de 0,50. Es decir con un corrimiento en la faja del 50% de los usuarios de vehículos particulares al monorriel, esto es así porque la primer faja va desde la distancia de la línea hasta los 200m, la segunda desde los 200m hasta los 40m y la ultima faja desde los 400m a los 500m, se tiene entonces:

$$\text{Promedio ponderado} = (0.66 \times 200\text{m} + 0.46 \times 200\text{m} + 0.27 \times 100\text{m})/500\text{m}$$

$$\text{Promedio ponderado} = 0.50$$

Se tiene ahora las las probabilidades de elegir el monorriel frente al ómnibus y al automóvil particular, para cada opción y cada sector.

Es posible con estas probabilidades calcular la cantidad de viajes en monorriel, o sea la asignación de viajes para el nuevo medio.

## CAPITULO IV

### ASIGNACION DE VIAJES

#### **IV.1 INTRODUCCIÓN.**

En este capítulo se analiza la asignación de viajes para la línea propuesta. Se plantean distintos escenarios para la misma, en relación a su competencia con el ómnibus.

Para cada medio se produce una asignación de viajes, tanto diaria como horaria. De esta manera se tiene la variación en el día de la demanda de viajes para cada zona en cada escenario considerado.

#### **IV.2 ASIGNACIÓN DIARIA DE LOS VIAJES.**

Se obtiene en este punto para cada escenario planteado, la correspondiente matriz O – D para la línea propuesta. Esta matriz está formada por 10 filas correspondientes a las zonas a la que sirve la línea y tiene como destino las 36 zonas consideradas en la ciudad. Con esta matriz se tienen los viajes diarios totales.

Los escenarios a considerar son:

1. Monorriel elevado con competencia del ómnibus. (Para las tres relaciones entre tarifas Bus/Monorriel, 1:1, 1:1.15, 1:1.35).
2. Monorriel elevado, sin competencia del ómnibus en su franja de servicio de ancho igual a 1.000mts.
3. Monorriel elevado sin competencia del ómnibus y con sistema alimentador.

Para estimar la demanda en el Escenario I se emplean las funciones de utilidad derivadas de las encuestas de preferencias declaradas que han sido reportadas en el Capítulo III. Las mismas son aplicadas a una franja de 500m a cada lado de la línea en estudio, tanto para actuales usuarios de ómnibus como de vehículos particulares.

Para calcular la demanda en el Escenario II se asume que todos los viajes actualmente realizados en transporte público masivo en la franja de 500m a cada lado, se transferirán al nuevo modo. Se mantiene el empleo de las funciones de utilidad para el traspaso desde vehículos particulares. Este escenario podría ser factible en el caso se efectuara una nueva programación del servicio de ómnibus, eliminando toda competencia en la citada franja de 500m.

Para estimar la demanda en el Escenario III se asume que todos los viajes del sector III (el más alejado del centro, zonas 23, 35 y 36) actualmente realizados en transporte público masivo se transferirán al monorriel, independientemente de la distancia que se encuentren de la línea en estudio. Obviamente esta hipótesis requiere de un servicio especial de ómnibus con trasbordo al monorriel y la eliminación de toda competencia en las zonas mencionadas. Para el resto de las zonas y para los vehículos particulares se mantienen los supuestos empleados para el escenario II. El Escenario III se plantea con la sola intención de cuantificar un umbral muy optimista de demanda.

#### **IV.2.1 Escenario I: Obtención de la matriz O-D para el monorriel elevado con competencia del ómnibus; o asignación de los usuarios de los medios existentes, medios motorizados individuales y ómnibus, al nuevo medio monorriel.**

Este escenario supone una competencia entre el monorriel y el actual sistema de ómnibus. (Se plantean relaciones de tarifas diferentes entre ambos medios).

La matriz O-D para el monorriel, brinda información sobre la fracción de viajes que se estima para el monorriel sobre el total de viajes. Esta fracción porcentual está compuesta de un porcentaje que proviene de los usuarios tradicionales del ómnibus más un porcentaje de transferencia de los usuarios del automóvil particular y demás medios individuales.

Las probabilidades de transferencia de los usuarios del ómnibus y de los medios individuales al monorriel (según tablas 3.7 y 3.13), son obtenidas a través de los modelos logit planteados. Para este trabajo no se ha tenido en cuenta la "inducción" a viajar más, por economía en el costo generalizado. Por ejemplo, habría la posibilidad de que los usuarios viajen más, inducidos por la seguridad, confort, curiosidad, etc.

## Metodología

En este primer escenario, se explica la metodología a aplicar para la asignación de los viajes. Se trabaja con la matriz O-D de medios de transporte masivo confeccionada por el I.S.I.T. (año 2000), y se procede de la siguiente forma:

1. Se divide la matriz O-D. de viajes de medios motorizados masivos de transporte (ómnibus, minibuses, escolares, puerta a puerta, etc.), por la matriz de viajes totales. Se obtiene así una matriz que muestra las fracciones correspondientes a los viajes en medios masivos de transporte respecto al total de viajes por zona (ver anexo III). (en esta operación se despreja la fracción de los viajes en minibuses escolares y de fábricas, y demás transportes del tipo puerta a puerta).
2. A esta matriz se la afecta por los porcentajes factibles de transferencia modal, de usuarios del ómnibus al monorriel. Estos valores de transferencia (ver tabla 3.7), están dado según el sector donde se encuentre cada zona y a la relación de tarifas entre el ómnibus y el monorriel. En este caso de tarifas iguales, se tienen los siguientes factores de transferencia para cada sector: sector 1 es igual a 0.61; sector 2 igual a 0.77 y sector 3 igual a 0.87. De esta forma se tiene la matriz porcentual de viajes en monorriel que surgen de la reasignación modal, de parte de los usuarios del ómnibus. A partir de ahora se trabaja con solo 10 zonas de orígenes de viajes, quedando una matriz de 10 x 36 (ver anexo IV). Estas 10 zonas son las servidas por la línea de monorriel (ver figura 4.1), las zonas en cuestión son, 2, 10, 11, 20, 21, 22, 23, 34, 35 y 36.

Es decir que la línea de monorriel, sirve a 10 zonas las cuales se vinculan con las 36 zonas en la que está dividida la ciudad, siendo esto posible a través de trasbordos en el centro con las líneas de ómnibus del actual sistema, u otros medios.

En este trabajo se considera el recorrido de la línea en sentido ascendente, es decir desde los barrios hacia el centro de la ciudad. Por esta razón no se tienen en cuenta los viajes entre zonas del recorrido en sentido contrario al expresado, como por ejemplo la celda (2; 36) de la matriz reducida; también se eliminarán los viajes intra zonas, es decir celdas  $V_{ij}$  con  $i = j$ .

Así también se eliminan de la matriz reducida de 10 x 36, las celdas que representan viajes hacia zonas adyacentes a las del itinerario de la línea y que pueden ser realizados a través de los recorridos de ómnibus que circunvalan la ciudad. Estas líneas son la 500, 501, 600 y 601 (ver figura 4.2). Esto último involucra a los viajes que se originan en zonas servidas por el monorriel y que tienen como destino zonas que se encuentran en los itinerarios de las líneas de ómnibus ante dichas. Por ejemplo los viajes generados en zonas 2, 10, 11 y 21; que tienen como destino las zonas 3, 8, 9, 13, 17, 18, y 19.

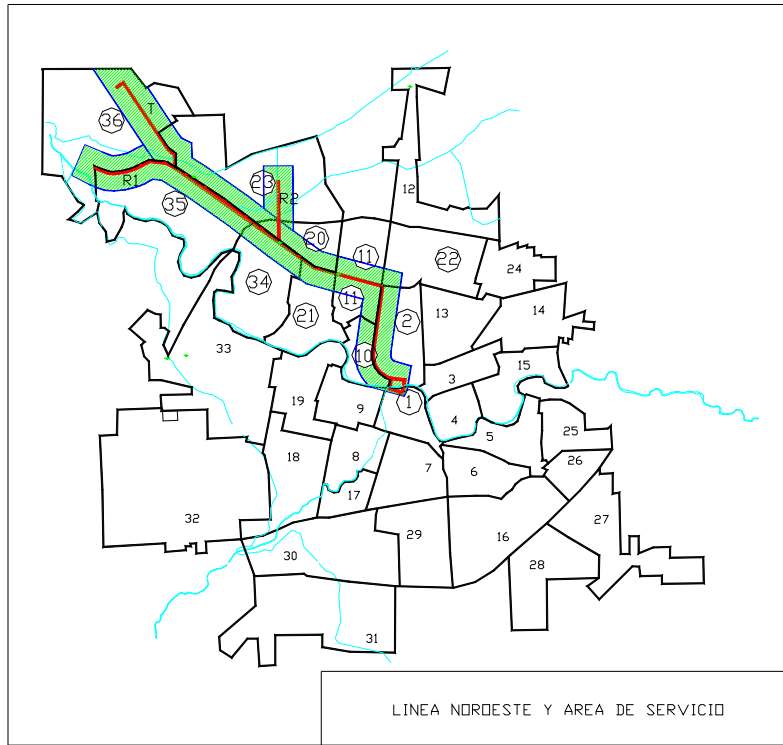


Figura 4.1: Traza de Línea de Monorriel

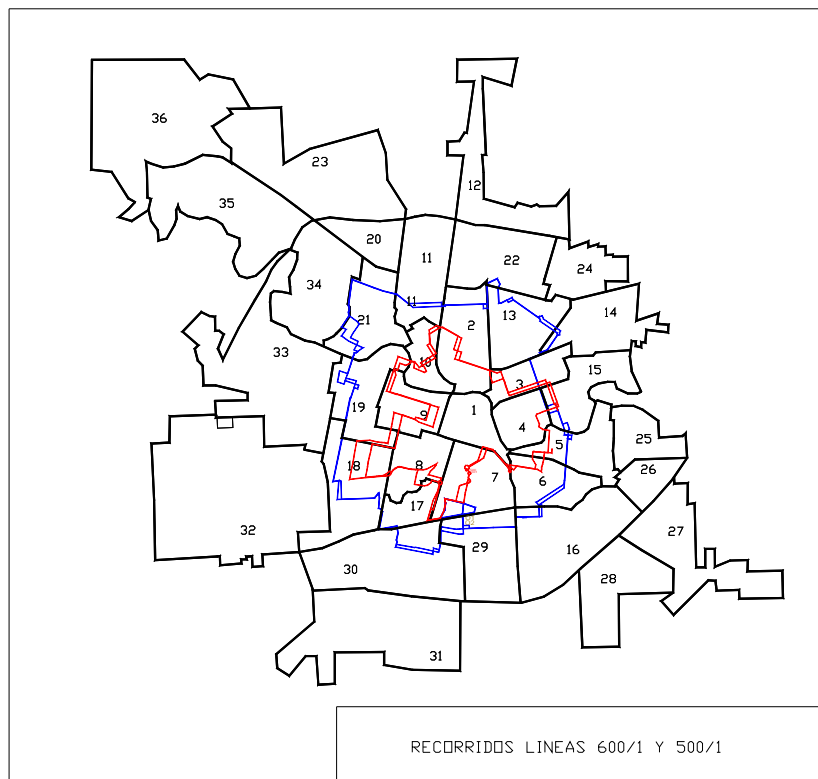


Figura 4.2: Líneas de Circunvalación



Ahora se trabaja de manera similar con la matriz O-D de medios individuales de transporte, pero solo se consideran en este trabajo los viajes que se generan en las 10 zonas de la traza de la línea propuesta y que tienen como destino el centro, se procede de la siguiente forma:

1. Se tiene la matriz O-D. de viajes de medios motorizados individuales de transporte (I.S.I.T., 2000). En esta matriz se encuentran los viajes de automóviles particulares, ya sea como conductor, como así también en calidad de acompañante, y además los viajes en taxis, remises, y motos. Esta matriz se divide por la matriz de viajes totales, se obtiene de esta forma una matriz que muestra las fracciones correspondientes a viajes en medios individuales de transporte respecto al total de viajes (ver anexo III). Se trabaja a partir de aquí con la matriz reducida de  $10 \times 1$ , ya que como se dijo se consideran los viajes entre las 10 zonas servidas por el monorriel y el centro de la ciudad. Sobre esta matriz porcentual, es posible conocer a través de los datos del estudio del I.S.I.T. del año 2000, el porcentaje de los viajes que corresponden a conductor, acompañante y a taxis y remises.
2. A esta matriz porcentual y reducida de  $10 \times 1$ , se la afecta por los porcentajes factibles de corrimiento al monorriel de los usuarios del automóvil, (conductor, acompañantes, y usuarios de taxis y remises). Este corrimiento varía según el sector y la distancia a la parada en que se encuentren los conductores en cada zona. Se tiene de tabla 3.13 que el factor de corrimiento ponderado para los usuarios del automóvil para las distintas distancias a parada y sectores es de 0.50. A su vez, se asume una hipótesis de corrimiento tanto de acompañantes, como de usuarios de taxis y remises (ver punto siguiente "hipótesis de traspaso"). De esta forma se tiene la matriz porcentual ( $10 \times 1$ ) de viajes en monorriel que surgen del corrimiento de parte de los usuarios del automóvil que se dirigen al centro, (ver anexo IV).

Se suman ambas matrices porcentuales reducidas que representan los corrimientos de los usuarios del ómnibus ( $10 \times 36$ ) y de los usuarios de medios individuales ( $10 \times 1$ ), y se obtiene la matriz porcentual asignada al monorriel. A continuación se exponen las hipótesis asumidas en el presente trabajo para la determinación de los corrimientos o traspasos.

### **Hipótesis de corrimiento o traspaso de acompañantes y usuarios de taxis y remises**

De la encuesta de origen destino del año 2000, es posible en tabla 4.1 mostrar la partición modal de viajes realizados en remis y taxis, en automóvil como conductor y en automóvil como acompañante. Puede advertirse como el porcentaje de participación de taxis y remis disminuye a medida que la zona se encuentra más alejada del centro de la ciudad. En cuanto al automóvil particular se verifica un coeficiente de ocupación menor para las zonas más cercanas al centro. A continuación se describen las hipótesis asumidas en el trabajo:

- a. **Traspaso del acompañante:** se sabe, que si bien el acompañante, puede resultar influenciado por la decisión del conductor, este no siempre lo acompaña en su deseo de viaje, ya que el mismo tiene sus propias necesidades de horarios, confort, y una distinta manera de asumir los costos monetarios y los del tiempo de viaje. Por ello se adopta la hipótesis de traspaso (ver tabla 4.2), según la zona a la cual pertenezca, vinculándose de esta manera con la distancia viajada. Se asume que a medida que se incrementa la distancia viajada resultará más difícil para el acompañante encontrar una alternativa diferente al monorriel, en caso que el conductor se traspase. Se establece el 50% de corrimiento para el sector 3 (igual a los conductores) y reducciones progresivas para los sectores 2 y 1 según Tabla 4.2. A medida que el viaje se realiza desde un sector más alejado la importancia del tiempo de caminata en el del total del viaje va decreciendo, pero a su vez, el tiempo de viaje va creciendo.
- b. **Traspaso de los usuarios de taxis y remises:** En este caso, los costos monetarios de los usuarios de taxis y remises, son sumamente altos respecto al del valor de un ticket de

cualquier sistema de transporte público y masivo. Esto hace tentador para los usuarios de los mismos el traspaso a un medio económico, rápido y horarios de arribo previsible como es el caso del monorriel. Esta situación se ve atenuada debido a una gran diferencia en: a) Los tiempos de acceso, b) En la elección del horario de viaje y el confort. A esto se suma la existencia de una cierta franja de usuarios de taxis y remises, que por cuestiones de comodidad, hábito, edad, y discapacidades físicas, resultan cautivos de los mismos. En la hipótesis de traspaso adoptada (ver tabla 4.2), se establece cierta disparidad en el corrimiento de usuarios respecto a la distancia al centro. Para quienes se encuentran en el sector 1, el costo monetario de un viaje al centro de la ciudad será de poca significación, lo que hace esperar un corrimiento al monorriel bajo, el cual se irá incrementando conforme al costo monetario del viaje para los sectores 2 y 3, quedando siempre como tope para este corrimiento, la fracción de usuarios considerados como cautivos.

**Tabla 4.1:** Porcentaje de la partición modal de viajes motorizados individuales

Sector	Zona	Remis y Taxis	Veh. Particular Conductor	Veh. Particular Acompañante
1	2	23	56	21
	10	21	60	19
	11	20	48	31
	22	33	50	18
2	20	11	59	30
	21	16	60	24
	34	12	47	41
3	23	19	55	27
	35	10	59	30
	36	9	60	31

**Tabla 4.2:** Porcentajes adoptados de corrimiento del vehículo motorizado individual al monorriel

Sector	Zonas	Remis y Taxis	Vehículo particular Acompañante
1	2	10	30
	10		
	11		
	22		
2	20	30	40
	21		
	34		
3	23	50	50
	35		
	36		

#### IV.2.1.1 Asignación de viajes. (Situación igual tarifa en para ambos medios).

Con la matriz porcentual del monorriel para el escenario monorriel vs ómnibus y tarifas iguales, es posible obtener la cantidad de viajes generados en cada zona que son factibles de ser servidos por el nuevo sistema, para cada año proyectado del periodo de análisis. Se procede a multiplicar cada celda  $ij$  de la matriz porcentual para el monorriel por cada celda  $ij$  de la matriz reducida (36x10) de viajes totales, esto se hace para cada matriz O–D calculada, es decir, para los años 2010, 2020, 2030 y 2035.

De esta manera en tabla 4.3, se tiene:

**Tabla 4.3:** Viajes diarios por zona, para igual tarifa.

ZONA	VIAJES DIARIOS SITUACION IGUAL TARIFA			
	2010	2020	2030	2035
2	15876	18089	19354	19943
10	4037	5070	5982	6474
11	11064	13088	14477	15170
20	6111	6645	6756	6784
21	15671	19572	22956	24770
22	10232	12147	13508	14197
23	15714	19500	22680	24368
34	20680	25366	29235	31270
35	16513	23223	30634	35052
36	14903	21181	28242	32502
<b>TOTALES</b>	<b>130801</b>	<b>163881</b>	<b>193825</b>	<b>210530</b>

Es posible también calcular los viajes totales que tienen como destino al centro de la ciudad y a las zonas ubicadas antes del mismo. Se presentan en Tabla 4.4:

**Tabla 4.4:** Viajes diarios al centro y zonas antes del mismo (por zona), para igual tarifa.

ZONA	VIAJES ZONAS AL CENTRO Y ANTES DEL MISMO ( IGUAL TARIFA)			
	2010	2020	2030	2035
2	10240	11760	12668	13092
10	2817	3538	4173	4513
11	7555	9015	10031	10538
20	4260	4670	4776	4808
21	10981	13839	16364	17721
22	6695	8031	8995	9483
23	2300	2805	3175	3369
34	15273	18851	21847	23425
35	13436	18972	25111	28774
36	11541	16515	22150	25563
<b>TOTALES</b>	<b>85099</b>	<b>107995</b>	<b>129289</b>	<b>141285</b>

Así mismo, en tabla 4.5 se muestran los viajes que son pasantes al centro.

**Tabla 4.5:** Viajes diarios pasantes al centro (por zona), para igual tarifa.

ZONA	VIAJES ZONAS PASANTES AL CENTRO ( IGUAL TARIFA)			
	2010	2020	2030	2035
2	5637	6329	6686	6852
10	1220	1531	1809	1961
11	3508	4073	4446	4632
20	1850	1975	1980	1976
21	4690	5733	6592	7049
22	3537	4117	4513	4714
23	13414	16695	19505	20999
34	5407	6516	7388	7845
35	3077	4251	5523	6278
36	3361	4666	6091	6939
<b>TOTALES</b>	<b>45702</b>	<b>55886</b>	<b>64535</b>	<b>69245</b>

De estos totales de tabla 4.3, potenciales viajes en monorriel, parte de ellos son aportados por usuarios de automóviles, los cuales se han corrido al nuevo sistema, los mismos se muestran a continuación en tabla 4.6.

**Tabla 4.6:** Viajes Aportados por Usuarios de Automóviles

ZONA	VIAJES APORTADOS POR AUTOS			
	2010	2020	2030	2035
2	4249	4880	5258	5434
10	793	996	1174	1270
11	2229	2645	2946	3096
20	593	650	668	674
21	4102	5169	6114	6622
22	1226	1463	1639	1728
23	1709	2144	2523	2725
34	5636	6978	8110	8707
35	3626	5157	6880	7912
36	1060	1502	1997	2293
<b>TOTALES</b>	<b>25224</b>	<b>31585</b>	<b>37308</b>	<b>40460</b>

Cabe acotar que este aporte de autos, es constante, ya que no cambia con la variación de la tarifa.

El aporte de quienes se corrieron del ómnibus al monorriel, esta dado en tabla 4.7:

**Tabla 4.7:** Viajes diarios aportados por usuarios del ómnibus

ZONA	VIAJES APORTADOS POR OMNIBUS			
	2010	2020	2030	2035
2	11627	13209	14096	14510
10	3244	4074	4807	5204
11	8834	10442	11531	12074
20	5518	5995	6089	6110
21	11569	14403	16842	18148
22	9006	10684	11869	12469
23	14006	17356	20158	21643
34	15044	18388	21125	22563
35	12887	18066	23754	27140
36	13843	19679	26245	30210
<b>TOTALES</b>	<b>105577</b>	<b>132296</b>	<b>156516</b>	<b>170070</b>

Pero los viajes de tabla 4.3 representan la situación de una zona cubierta íntegramente por el monorriel, pero en la realidad, la franja de servicio de 1000 metros, representa solo una fracción de cada zona que atraviesa. La premisa de una franja conformada con una distancia máxima de caminata de 500m hacia ambos lados de la línea surge de las encuestas de preferencia declarada realizada a los potenciales usuarios.

Se calcula para cada zona el porcentaje de su superficie que se encuentra dentro de la franja de servicio del monorriel, según se expone en tabla 4.8.

Para cuantificar el potencial productor de viajes, se calcula la tasa de viajes por hectárea para cada zona. Esta tasa surge de dividir los potenciales viajes generados por el monorriel en una determinada zona, por la superficie en hectáreas de la misma. De esta manera se obtiene una densidad de viajes por superficie, (ver tabla 4.9). Esta tasa de viajes/ha. Se afecta a la superficie servida por el monorriel en cada una de las zonas. Se tiene así la cantidad efectiva de viajes generados en cada zona que serán servidos por la línea de monorriel (ver tabla 4.10). El cálculo de la tasa de viajes se realiza con el fin que sea un importante dato para aquellos que utilicen este trabajo en el estudio de la generación desde el punto de vista del crecimiento urbanístico de cada zona.

**Tabla 4.8:** Fracciones de zonas servidas por el monorriel

ZONA	SUP. (Has.)	SUP. SERVIDA POR MONORRIEL	FRACCION SERVIDA
2	532.33	310.28	0.58
10	244.09	113.22	0.46
11	560.57	200.79	0.36
20	294.82	199.38	0.68
21	498.47	65.26	0.13
22	663.94	32.08	0.05
23	1281.3	437.42	0.34
34	715.09	117.6	0.16
35	1105.32	518.96	0.47
36	1613.4	560.54	0.35

**Tabla 4.9:** Tasas de viajes por Ha

ZONA	TASA DE VIAJES POR Ha.(1 a 1)			
	2010	2020	2030	2035
2	30	34	36	37
10	17	21	25	27
11	20	23	26	27
20	21	23	23	23
21	31	39	46	50
22	15	18	20	21
23	12	15	18	19
34	29	35	41	44
35	15	21	28	32
36	9	13	18	20

**Tabla 4.10:** Viajes en Monorriel para Igual Tarifa

ZONA	VIAJES EFECT.GEN.MRIEL IGUAL TARIFA			
	2010	2020	2030	2035
2	9254	10544	11281	11624
10	1873	2352	2775	3003
11	3963	4688	5185	5434
20	4133	4494	4569	4588
21	2052	2562	3005	3243
22	494	587	653	686
23	5365	6657	7743	8319
34	3401	4172	4808	5142
35	7753	10904	14383	16457
36	5178	7359	9812	11292
<b>TOTALES</b>	<b>43464</b>	<b>54317</b>	<b>64214</b>	<b>69788</b>

**IV.2.1.2 Asignación de viajes. Situación: Tarifa Bus \$1.30 Vs. Tarifa Monorriel \$1.50 (Relación 1:1.15).**

En este caso la relación entre tarifas es de 1:1.15 y se procede en forma análoga a la situación anterior, se generan de esta manera una matriz porcentual O – D para el monorriel, para la situación tarifaria planteada (ver anexo I matrices O – D de la ciudad de Córdoba).

Se procede en forma análoga a punto **IV.2.1.1**, dando como resultado los valores de tabla 4.11:

**Tabla 4.11:** Viajes diarios (por zona), para relación de tarifas 1:1,15.

ZONA	VIAJES DIARIOS SITUACION (1:1.15)			
	2010	2020	2030	2035
2	10921	12459	13346	13759
10	2654	3333	3933	4256
11	7298	8637	9562	10024
20	4186	4554	4632	4652
21	10740	13433	15777	17034
22	6394	7593	8449	8883
23	11702	14528	16906	18168
34	16186	19874	22925	24530
35	13465	18950	25016	28632
36	12039	17109	22812	26252
<b>TOTALES</b>	<b>95585</b>	<b>120471</b>	<b>143358</b>	<b>156191</b>

Es posible también calcular los viajes totales que tienen como destino al centro de la ciudad y a las zonas ubicadas antes del mismo. Se presentan en Tabla 4.12:

**Tabla 4.12:** Viajes diarios al centro y zonas antes del mismo (por zona), para relación de tarifas 1:1.15.

ZONA	VIAJES ZONAS AL CENTRO Y ANTES DEL MISMO (Rel 1.15)			
	2010	2020	2030	2035
2	7686	8828	9510	9828
10	1954	2455	2895	3131
11	5285	6300	7011	7366
20	2981	3268	3343	3365
21	8049	10144	11995	12990
22	4364	5231	5860	6178
23	1641	2001	2266	2404
34	12395	15304	17743	19029
35	11116	15705	20799	23840
36	9373	13408	22150	20749
<b>TOTALES</b>	<b>64844</b>	<b>82644</b>	<b>103571</b>	<b>108879</b>

A continuación, en tabla 4.13 se muestran los viajes que son pasantes al centro.

**Tabla 4.13:** Viajes diarios pasantes al centro (por zona), para relación de tarifas 1:1.15.

ZONA	VIAJES ZONAS PASANTES AL CENTRO (Rel 1:1.35)			
	2010	2020	2030	2035
2	3234	3632	3836	3931
10	700	879	1038	1125
11	2013	2337	2551	2658
20	1205	1286	1290	1287
21	2691	3289	3782	4044
22	2029	2362	2590	2705
23	10061	12527	14641	15764
34	3792	4569	5181	5502
35	2349	3246	4217	4793
36	2666	3701	661	5503
<b>TOTALES</b>	<b>30741</b>	<b>37827</b>	<b>39787</b>	<b>47313</b>

Análogamente al punto anterior, también se obtiene la tabla 4.14 (en franja de servicio de monorriel):

**Tabla 4.14:** Viajes en Monorriel, para relación de tarifas 1:1.15.

ZONA	VIAJES EN MONORRIEL (REL.1:1.15)			
	2010	2020	2030	2035
2	6365	7262	7779	8020
10	1231	1546	1824	1974
11	2614	3094	3425	3590
20	2831	3080	3133	3146
21	1406	1759	2066	2230
22	309	367	408	429
23	3995	4960	5772	6202
34	2662	3268	3770	4034
35	6322	8897	11745	13443
36	4183	5944	7925	9121
<b>TOTALES</b>	<b>31918</b>	<b>40177</b>	<b>47847</b>	<b>52190</b>

**IV.2.1.3 Situación: Asignación de viajes. Tarifa Bus \$1.30 Vs. Tarifa Monorriel \$1.75. (Relación 1:1.35).**

Con una relación entre tarifas es de 1:1.35 y de manera similar a los puntos anteriores. Se obtiene la correspondiente matriz O – D para esta nueva relación de tarifas. (Ver anexo IV).

Se procede en forma análoga al punto IV.2.1.1., dando como resultado los valores de la Tabla 4.15.:

**Tabla 4.15:** Viajes diarios (por zona), para relación de tarifas 1:1.35.

ZONA	VIAJES DIARIOS SITUACION (1:1.35)			
	2010	2020	2030	2035
2	8824	10077	10804	11143
10	2069	2599	3066	3318
11	5705	6754	7483	7847
20	3229	3514	3577	3593
21	8654	10836	12740	13762
22	4770	5667	6309	6634
23	9396	11670	13586	14603
34	13646	16769	19358	20721
35	11559	16278	21502	24618
36	10129	14395	19192	22085
<b>TOTALES</b>	<b>77981</b>	<b>98559</b>	<b>117617</b>	<b>128324</b>

Los viajes totales que tienen como destino al centro de la ciudad y a las zonas ubicadas antes del mismo. Se presentan en Tabla 4.16:

**Tabla 4.16:** Viajes diarios al centro y zonas antes del mismo (por zona), para relación de tarifas 1:1.35.

ZONA	VIAJES ZONAS AL CENTRO Y ANTES DEL MISMO (Rel 1:1,35)			
	2010	2020	2030	2035
2	6606	7587	8173	8447
10	1589	1996	2354	2546
11	4325	5151	5733	6024
20	2345	2571	2631	2649
21	6808	8580	10147	10989
22	3378	4047	4533	4779
23	1263	1539	1743	1849
34	10768	13300	15424	16544
35	9665	13661	18102	20754
36	7927	11338	15201	17539
<b>TOTALES</b>	<b>54674</b>	<b>69771</b>	<b>84042</b>	<b>92119</b>

De la misma manera, en tabla 4.17 se muestran los viajes que son pasantes al centro.



**Tabla 4.17:** Viajes diarios pasantes al centro (por zona), para relación de tarifas 1:1.35.

ZONA	VIAJES ZONAS PASANTES AL CENTRO (Rel 1:1,35)			
	2010	2020	2030	2035
2	2218	2490	2631	2696
10	480	603	712	771
11	1380	1602	1749	1822
20	884	944	946	944
21	1845	2255	2594	2773
22	1392	1620	1776	1855
23	8133	10130	11843	12754
34	2879	3469	3934	4177
35	1894	2617	3400	3864
36	2202	3057	3991	4546
<b>TOTALES</b>	<b>23308</b>	<b>28788</b>	<b>33576</b>	<b>36204</b>

Los viajes para la franja de servicio del monorriel son los de tabla 4.13:

**Tabla 4.18:** Viajes diarios en Monorriel, para relación de tarifas 1:1.35.

ZONA	VIAJES EN MONORRIEL(1:1.35)			
	2010	2020	2030	2035
2	5143	5874	6297	6495
10	960	1205	1422	1539
11	2044	2419	2680	2811
20	2184	2377	2419	2430
21	1133	1419	1668	1802
22	230	274	305	321
23	3208	3984	4638	4985
34	2244	2758	3184	3408
35	5427	7643	10095	11559
36	3519	5001	6668	7673
<b>TOTALES</b>	<b>26092</b>	<b>32953</b>	<b>39376</b>	<b>43021</b>

#### IV.2.1.4 Resumen escenario I:

- En tabla 4.19 y en figura 4.3, se observa la evolución de los viajes diarios en Monorriel para diferentes relaciones de tarifa :

**Tabla 4.19:** Viajes diarios en monorriel para distintas relaciones de tarifas

AÑO	VIAJES TOTALES		
	REL. (1:1)	REL. (1:1.15)	REL. (1:1.35)
<b>2010</b>	43464	31918	26092
<b>2020</b>	54317	40177	32953
<b>2030</b>	64214	47847	39376
<b>2035</b>	69788	52190	43021

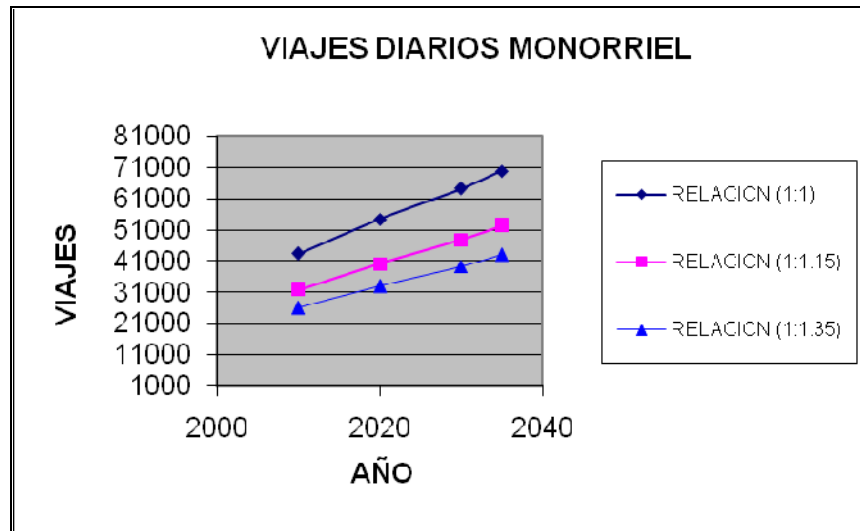


Figura 4.3: Viajes diarios en monorriel para el escenario I.

**IV.2.2 Escenario II: Obtención de la matriz O-D para el monorriel elevado sin competencia del ómnibus, en su franja de servicio de ancho igual a 1000 mts. (Solo para relación de tarifas 1:1).**

La Matriz O-D para el monorriel, incluye los viajes de la totalidad de los hoy usuarios del ómnibus en la franja de servicio considerada, más un porcentaje de los del automóvil particular y demás medios individuales. Esto último de acuerdo a los porcentajes de corrimiento que surgen de la aplicación de la “Hipótesis de corrimiento o traspaso de acompañantes y usuarios de taxis y remises”, planteada en el escenario anterior.

**IV.2.2.1 Asignación de viajes.**

Con la matriz porcentual del monorriel para este escenario del monorriel sin competencia, es posible obtener la cantidad de viajes generados en cada zona que son factibles de ser servidos por el nuevo sistema. Se obtiene así la cantidad de viajes para cada año proyectado de nuestro periodo de análisis. El procedimiento consiste en multiplicar cada celda ij de la matriz porcentual para el monorriel por cada celda ij de la matriz de viajes totales reducida (36x10), esto se hace para cada matriz O–D calculada, es decir, para los años 2010, 2020, 2030 y 2035.

De esta manera se tiene en tabla 4.20:

Tabla 4.20: Viajes diarios (por zona), escenario II

ZONA	VIAJES DIARIOS (MRRIEL S/COMPETENCIA)			
	2010	2020	2030	2035
2	23310	26534	28367	29220
10	6111	7674	9055	9801
11	16712	19764	21849	22890
20	8498	9239	9391	9427
21	23068	28781	33724	36372
22	15990	18978	21097	22170
23	19619	24338	28300	30401
34	25173	30859	35545	38009
35	19059	26793	35328	40415
36	16971	24122	32163	37017
<b>TOTALES</b>	<b>174512</b>	<b>217081</b>	<b>254818</b>	<b>275722</b>

Al igual que en el escenario anterior se calculan los viajes totales que tienen como destino al centro de la ciudad y a las zonas ubicadas antes del mismo. Se presentan en Tabla 4.21:

**Tabla 4.21:** Viajes diarios al centro y zonas antes del mismo (por zona), escenario II.

ZONA	VIAJES ZONAS AL CENTRO Y ANTES DEL MISMO ( IGUAL TARIFA)			
	2010	2020	2030	2035
2	14070	16158	17406	17988
10	4111	5164	6089	6587
11	10960	13088	14560	15296
20	5847	6409	6553	6596
21	15379	19383	22917	24817
22	10192	12229	13698	14441
23	2942	3587	4061	4308
34	18152	22397	25950	27821
35	15374	21702	28713	32897
36	13108	18758	25162	29041
<b>TOTALES</b>	<b>110134</b>	<b>138873</b>	<b>165109</b>	<b>179790</b>

A continuación en tabla 4.22 se muestran los viajes que son pasantes al centro.

**Tabla 4.22:** Viajes diarios pasantes al centro (por zona), escenario II.

ZONA	VIAJES ZONAS PASANTES AL CENTRO ( IGUAL TARIFA)			
	2010	2020	2030	2035
2	9241	10376	10960	11233
10	2000	2510	2966	3215
11	5751	6677	7289	7594
20	2651	2830	2837	2831
21	7689	9398	10807	11555
22	5798	6749	7399	7728
23	16677	20751	24239	26093
34	7021	8462	9595	10188
35	3685	5091	6615	7518
36	3864	5364	7002	7976
<b>TOTALES</b>	<b>64378</b>	<b>78208</b>	<b>89709</b>	<b>95931</b>

Pero esto es para la totalidad de las zonas, para la obtención de los valores para la franja de servicio planteada para el monorriel. Aplicando la metodología empleada hasta aquí, se tienen los valores de tabla 4.23:

**Tabla 4.23:** Tasas de viajes por Ha. escenario II

ZONA	TASA DE VIAJES POR Ha.			
	2010	2020	2030	2035
2	44	50	53	55
10	25	31	37	40
11	30	35	39	41
20	29	31	32	32
21	46	58	68	73
22	24	29	32	33
23	15	19	22	24
34	35	43	50	53
35	17	24	32	37
36	11	15	20	23

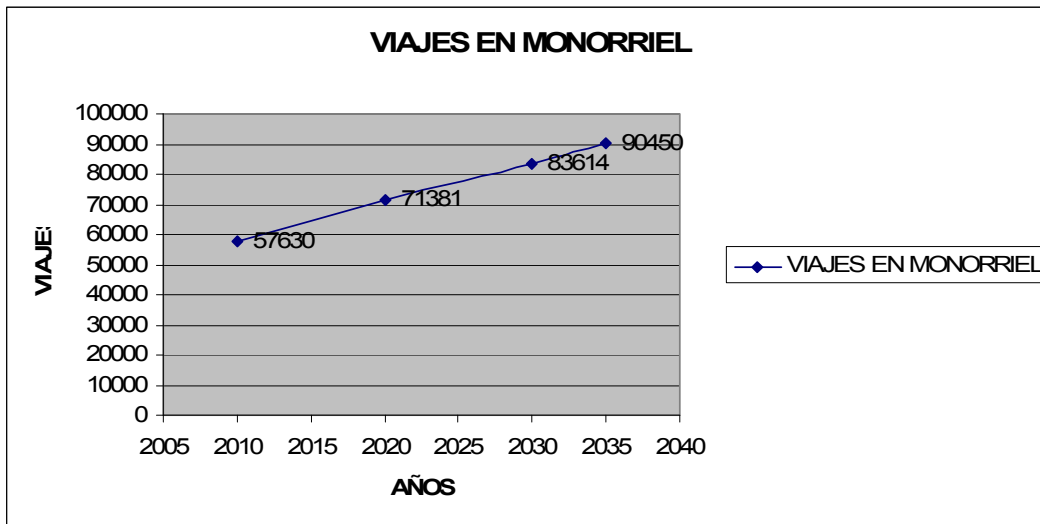
Por lo tanto los viajes en monorriel en la franja de servicio serán los de tabla 4.24:

**Tabla 4.24:** Viajes diarios en monorriel sin competencia del ómnibus, escenario II

ZONA	VIAJES EN MONORRIEL (S/COMPETENCIA)			
	2010	2020	2030	2035
2	13587	15466	16534	17032
10	2835	3560	4200	4546
11	5986	7079	7826	8199
20	5747	6248	6351	6375
21	3020	3768	4415	4762
22	773	917	1019	1071
23	6698	8309	9661	10379
34	4140	5075	5846	6251
35	8949	12580	16587	18975
36	5896	8380	11174	12861
<b>TOTALES</b>	<b>57630</b>	<b>71381</b>	<b>83614</b>	<b>90450</b>

**IV.2.2.2 Resumen escenario II:**

Los viajes en monorriel para este escenario, son los de Figura 4.4:



**Figura 4.4:** Viajes diarios en monorriel sin competencia del ómnibus

**IV.2.3 Escenario III: Obtención de la matriz O-D para el monorriel elevado sin competencia del ómnibus, y con sistema alimentador en zonas más alejadas del centro (Sector 3, zonas 23, 35, y 36).**

En este escenario, se plantea la alternativa de implementar recorridos intra barriales, a través de por ejemplo minibuses. Estos minibuses trasladan a los usuarios localizados fuera de la franja de servicio de la línea, hacia la parada más próxima. Se asume que debido a la existencia de este sistema alimentador hace que los usuarios del ómnibus de las zonas, 23, 35 y 36, aporten en su totalidad al sistema. Se asume también en este trabajo que los usuarios de estas zonas tienen el mayor tiempo de viaje hacia el centro en el monorriel. Por esta razón, el tiempo adicional por el recorrido barrial y la espera del minibus, son de menor impacto sobre el tiempo total de viaje. En cambio, para quienes son potenciales usuarios del monorriel en zonas próximas o medianamente próximas al centro, este tiempo de viaje intra barrial desde los sectores lejanos de una zona hacia

el recorrido del monorriel, significa una porción de tiempo importante en la duración del tiempo total de viaje. Este último análisis hace que se prescindiera en este trabajo de un sistema alimentador en los sectores 1 y 2.

#### IV.2.3.1 Asignación de viajes.

Se tiene que la cantidad de viajes potenciales por zona es igual a la del punto anterior. Tabla 4.25.

**Tabla 4.25:** Viajes diarios (por zona), escenario III

ZONA	VIAJES DIARIOS (MRRRIEL S/COMPETENCIA)			
	2010	2020	2030	2035
2	23310	26534	28367	29220
10	6111	7674	9055	9801
11	16712	19764	21849	22890
20	8498	9239	9391	9427
21	23068	28781	33724	36372
22	15990	18978	21097	22170
23	19619	24338	28300	30401
34	25173	30859	35545	38009
35	19059	26793	35328	40415
36	16971	24122	32163	37017
<b>TOTALES</b>	<b>174512</b>	<b>217081</b>	<b>254818</b>	<b>275722</b>

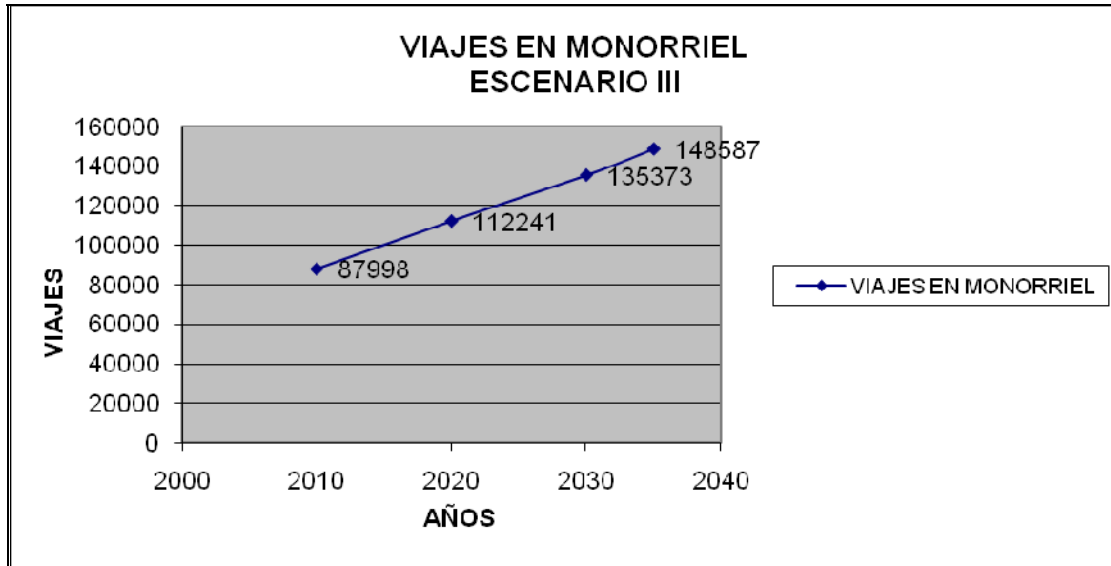
También los viajes totales que tienen como destino al centro de la ciudad y a las zonas ubicadas antes y después del mismo son iguales al escenario II.

En este caso debido al sistema alimentador se tiene que la franja de servicio del monorriel abarca la totalidad de la superficie de las zonas 23, 35, y 36 para los usuarios del ómnibus. Para el resto de las zonas la franja de servicio sigue siendo la de 1000 mts. Por lo tanto los viajes en monorriel en sentido hacia el centro (la línea tiene el doble), en las zonas con servicio alimentador y en las con la franja de servicio serán los de tabla 4.26.

**Tabla 4.26:** Viajes Diarios en Monorriel, escenario III

ZONA	VIAJES EN MONORRIEL (S/COMPETENCIA)			
	2010	2020	2030	2035
2	13587	15466	16534	17032
10	2835	3560	4200	4546
11	5986	7079	7826	8199
20	5747	6248	6351	6375
21	3020	3768	4415	4762
22	773	917	1019	1071
23	18493	22926	26638	28607
34	4140	5075	5846	6251
35	17136	24057	31678	36217
36	16279	23141	30861	35521
<b>TOTALES</b>	<b>87996</b>	<b>112237</b>	<b>135368</b>	<b>148581</b>

**IV.2.3.2 Resumen escenario III:**



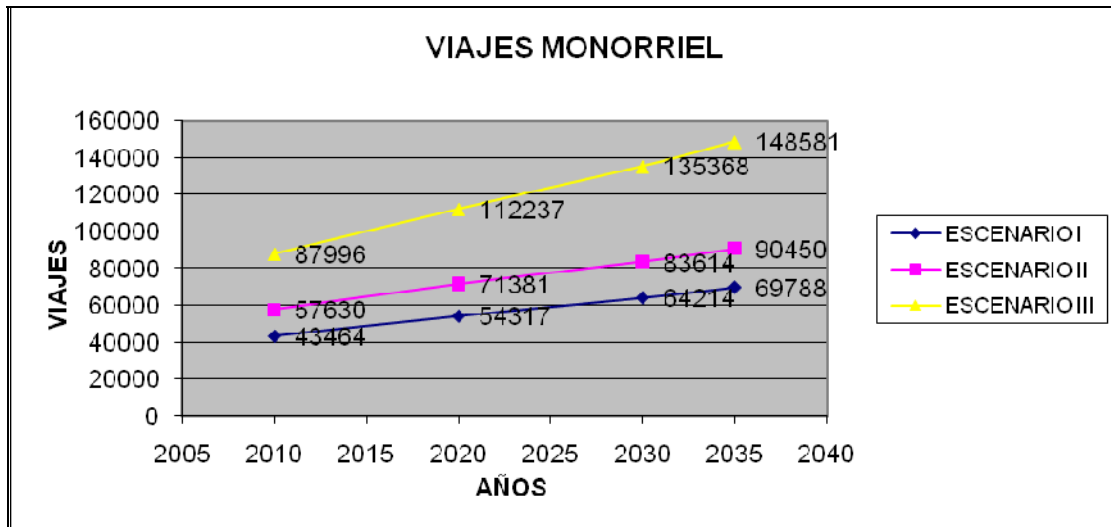
**Figura 4.5:** Viajes diarios en monorriel escenario III

**IV.2.4 Resumen de todos los escenarios para tarifas iguales:**

**Tabla 4.27:** Resumen viajes diarios en monorriel para cada escenario

AÑO	VIAJES DIARIOS EN MONORRIEL (REL. 1 A 1)		
	ESCENARIO I	ESCENARIO II	ESCENARIO III
2010	43464	57630	87996
2020	54317	71381	112237
2030	64214	83614	135368
2035	69788	90450	148581

Gráficamente:

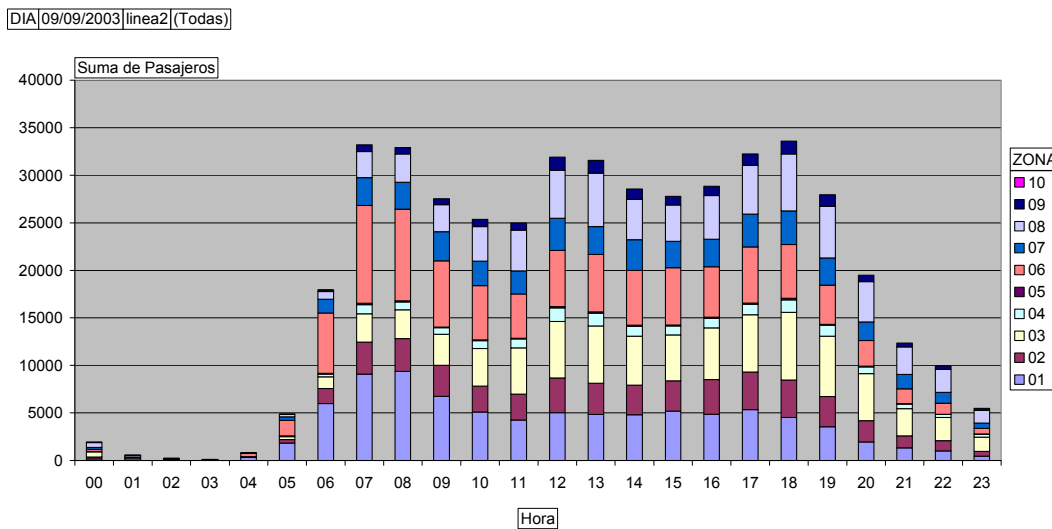


**Figura 4.6:** Viajes diarios en monorriel para todos los escenarios

### IV.3 ASIGNACIÓN HORARIA DE LOS VIAJES.

Una vez conocida la asignación diaria de viajes, se procede al dimensionado de la línea. Se debe entonces calcular la cantidad de coches, y su frecuencia a lo largo del día, respondiendo en forma eficiente al cambio natural que registra la demanda de transporte durante la jornada. Esto último es debido a las características de las actividades que demandan el servicio de transporte, escuelas, comercios, salud, bancos, etc.

Para determinar la situación de máxima generación de viajes durante el día para cada zona se cuenta con datos de corte de boletos de ómnibus. El corte de boletos está dado por la curva que se muestra en la gráfica 4.2. Estos datos corresponden al día 9 de septiembre de 2003, fecha en la cual se registró la mayor venta de boletos de ese año. El corte de boleto está discriminado por hora y zona, siendo la zona, cada segmento en que se divide el recorrido de ida y vuelta de cada línea, constando con diez zonas cada recorrido.



**Figura 4.7:** Distribución horaria del corte de boletos por zonas. (Municipalidad de Córdoba)

De la curva se desprenden los siguientes valores:

- Total de boletos vendidos en todas las zonas y todas las líneas: 460.094
- Total de boletos vendidos en la hora de mayor demanda del día, (en ambos sentidos): 33.592

Esto significa que en la hora de mayor demanda (las 18Hs.), se venden aproximadamente el 7,30% del total diario, a continuación en Figura 4.8, se muestra la variación porcentual horaria de corte de boletos.

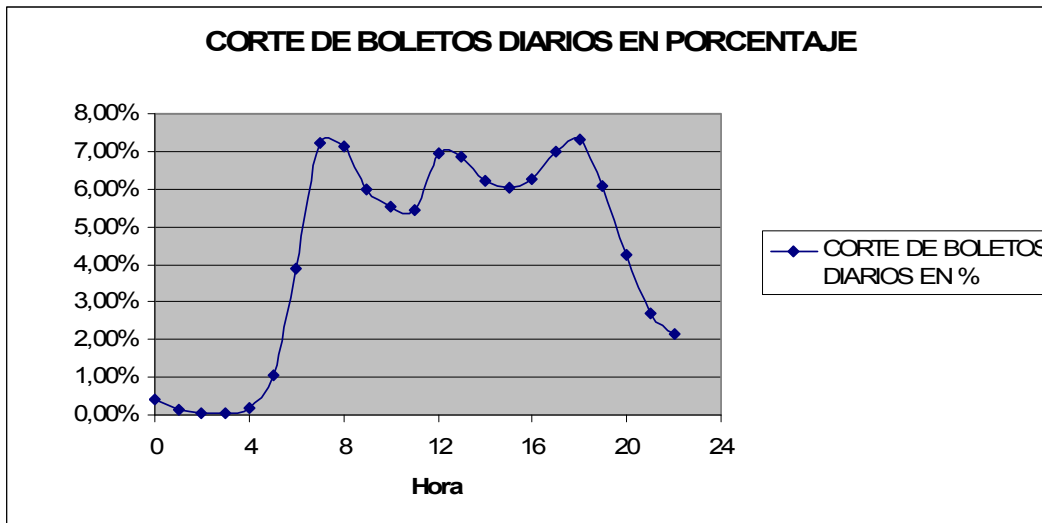


Figura 4.8: Variación porcentual diaria del corte de boletos

Se determina a continuación la asignación de viajes para la hora pico, para cada uno de los escenarios planteados.

**IV.3.1 Escenario I: Monorriel elevado con competencia del ómnibus.**

Para la obtención de los viajes en la hora pico, se debe afectar a las cantidades diarias de viajes servidas por el monorriel, en su franja, obtenidas para este escenario, las cuales están dadas en tabla 4.10, por el factor 0.073 o sea el 7.30% (Solo se considera la situación de tarifas iguales), dando como resultado en tabla 4.28, los viajes en la mayor hora pico.

Tabla 4.28: Viajes hora pico en monorriel, escenario I

ZONA	VIAJES HR.PICO GEN.MRIEL IGUAL TARIFA			
	2010	2020	2030	2035
2	676	770	824	849
10	137	172	203	219
11	289	342	379	397
20	302	328	334	335
21	150	187	219	237
22	36	43	48	50
23	392	486	565	607
34	248	305	351	375
35	566	796	1050	1201
36	378	537	716	824
<b>TOTALES</b>	<b>3173</b>	<b>3965</b>	<b>4688</b>	<b>5095</b>

**IV.3.2 Escenario II: Monorriel elevado sin competencia del ómnibus.**

En forma análoga al punto anterior, se afecta a los valores de tabla 4.24, por el factor 0.073. Se tiene de esta manera en tabla 4.29 los viajes en monorriel en hora pico.



**Tabla 4.29:** Viajes en hora pico en monorriel, escenario II

ZONA	VIAJES HR.PICO MRRIEL (S/COMP.)			
	2010	2020	2030	2035
2	992	1129	1207	1243
10	207	260	307	332
11	437	517	571	599
20	420	456	464	465
21	220	275	322	348
22	56	67	74	78
23	489	607	705	758
34	302	370	427	456
35	653	918	1211	1385
36	430	612	816	939
<b>TOTALES</b>	<b>4207</b>	<b>5211</b>	<b>6104</b>	<b>6603</b>

#### IV.3.3 Escenario III: Monorriel elevado sin competencia del ómnibus, y con sistema alimentador en zonas más alejadas del centro (Sector 3, zonas 23, 35, y 36).

Siguiendo con el procedimiento, se afecta a los valores de tabla 4.26 por el factor 0.073, se tiene:

**Tabla 4.30:** Viajes hora pico en monorriel, escenario III

ZONA	VIAJES HR.PICO MRRIEL (S/COMP.)			
	2010	2020	2030	2035
2	992	1129	1207	1243
10	207	260	307	332
11	437	517	571	599
20	420	456	464	465
21	220	275	322	348
22	56	67	74	78
23	1350	1674	1945	2088
34	302	370	427	456
35	1251	1756	2313	2644
36	1188	1689	2253	2593
<b>TOTALES</b>	<b>6424</b>	<b>8193</b>	<b>9882</b>	<b>10846</b>

#### IV.4 VALIDACION

Resulta necesario, realizar la debida validación, para saber si las proyecciones de la matrices O-D, obtenidas en el capítulo II, y las generaciones de viajes del capítulo III, se condicen con valores de la realidad, en este caso, se contrastarán, los guarismos que surgen de la metodología adoptada, con los números correspondientes al corte de boletos de ómnibus del año 2003, en su día de mayor corte (Fuente: Dirección de Transporte de La Municipalidad de Córdoba).

A continuación de detalla la metodología empleada:

##### IV.4.1 Obtención de la Matriz O-D para el Ómnibus, año 2003.

Se trabaja con la matriz porcentual para el transporte masivo obtenida en el punto IV.2.1, con ella es posible obtener la cantidad de viajes generados en cada zona que son factibles de ser servidos por el ómnibus durante el año 2003, para ello, se procede a multiplicar cada celda ij de la matriz porcentual por cada celda ij de la matriz de viajes totales del año 2003 reducida (ver anexo III).

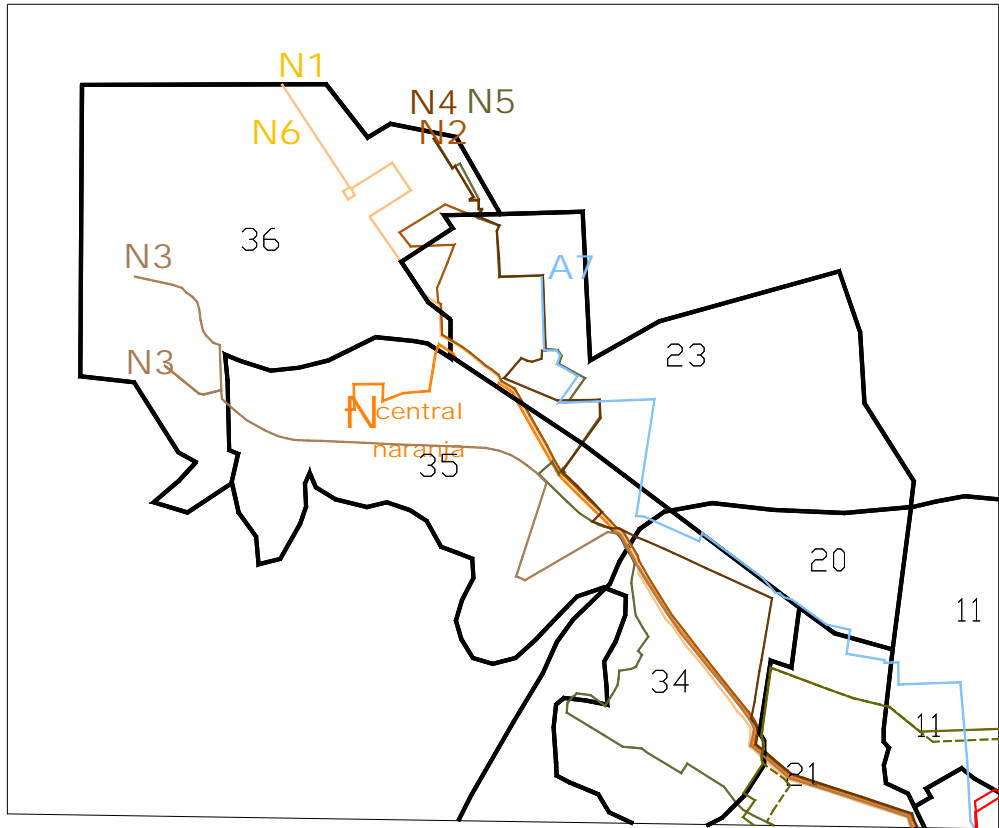
De esta manera se podrá comparar los cortes de boletos del año 2003 con las proyecciones de viajes que surgen de las estimaciones hechas en capítulo II para el año 2003.

#### **IV.4.2 Corte de Boletos**

Se tiene que los recorridos de ida y vuelta de cada una de las líneas de la ciudad, se encuentran divididos en diez segmentos, denominados “zonas de recorrido”, de las cuales se cuenta con el total boletos diarios vendidos en cada una de ellas (Fuente Dirección de Transito de la Municipalidad de Córdoba), se comparan los cortes de boletos realizados en las zonas 23, 35 y 36 por donde se desarrolla el primer tercio de la línea del monorriel, con los viajes generados de acuerdo a la proyección hecha a partir de la matriz de viajes de 2003.

En figura 4.9 se muestran las líneas involucradas en estas zonas y que son las siguientes:

- Línea naranja subcorredor 1 (N1), las dos primeras zonas de recorrido ocupan, desde su punta de línea en Avenida Donato Álvarez y fin de ejido municipal, Policial hasta el C.P.C. de Arguello.
- Línea naranja subcorredor 2 (N2), las dos primeras zonas de recorrido se desarrollan, desde el comienzo de línea en Barrio Policial hasta el C.P.C. de Arguello.
- Línea naranja subcorredor 3 (N3), las zonas de recorrido 6 y 7 de la línea comprenden, desde el inicio de recorrido en Centro de Almaceneros, hasta la intersección de Avenida Gauss y Recta Martinoli.
- Línea naranja subcorredor 4 (N4), las dos primeras zonas de recorrido abarcan, desde el inicio de línea en Avenida Donato Álvarez y fin de ejido municipal, Policial hasta el C.P.C. de Arguello.
- Línea naranja subcorredor 5 (N5), la primera zona de recorrido ocupa, desde su inicio de recorrido en Barrio Policial, hasta el Nudo vial de seccional 14.



**Figura 4.9:** Líneas de Ómnibus en zonas 23, 35 y 36

- Línea naranja subcorredor 6 (N6), ídem a N1, pero con un pequeño zigzagueo sobre Avenida Donato Álvarez, hasta C.P.C. de Arguello, en este trayecto se desarrolla la zona de recorrido nº 1.
- Línea naranja corredor central (NC), en su zona de recorrido 6, va desde barrio Villa Solferino hasta C.P.C. de Arguello.
- Línea azul subcorredor 7 (A7), las zonas de recorrido 6 y 7 ocupan, desde Barrio autódromo hasta Barrio Villa Marta.

La siguiente tabla 4.31, muestra los valores de corte de boletos registrados el 9 de septiembre de 2003 en las zonas arriba mencionadas.

**Tabla 4.31:** Corte de Boletos en un sentido (Municipalidad de Córdoba, 2003)

LÍNEA	ZONAS	BOLETOS CORTADOS
N1	1 y 2	5343
N2	1 y 2	5174
N3	6 Y 7	5173
N4	1 Y 2	4069
N5	1	1042
N6	1	2753
NC	6	4383
A7	6 Y 7	3899
<b>TOTALES</b>		<b>31836</b>

Ahora, se debe comparar esta cifra total de corte de boletos, con la generación, y distribución de viajes que surge del análisis de la matriz O-D reducida para transporte masivo del año 2003, que surge de la matriz O – D estimada a través del método Fratar para ese año, multiplicada por la matriz porcentual de los medios masivos, (ver III), a continuación en tabla 4.32, se muestran los viajes generados en las zonas involucradas, 36, 35 y 23:

**Tabla 4.32:** Viajes generados en zonas 23, 35 y 36

ZONA	2003
2	14124
10	3671
11	10533
20	6066
21	13197
22	10699
23	12525
34	13755
35	9882
36	10109
<b>TOTAL</b>	<b>67582</b>

De donde:

- $(\sum V_{36;J}) = \underline{10109 \text{ viajes.}}$   
Con:  
 $(\sum V_{36;J})$ : Viajes diarios generados en ómnibus por zona 36, en sentido centro.
- $(\sum V_{23;J} - V_{23;35} - V_{23;36}) = \underline{12525 \text{ viajes.}}$   
Con:  
 $(\sum V_{23;J} - V_{23;36})$ : Viajes diarios generados en ómnibus por zona 23, en sentido centro, en este caso al total de los viajes generados por la zona 23, se le restan los que se dirigen en sentido descendentes hacia las zona 35 y 36, ya que solo se tiene en cuenta el recorrido en sentido al centro, o ascendente.
- $(\sum V_{35;J} - V_{35;36}) = \underline{9882 \text{ viajes.}}$

En este caso al total de los viajes generados por la zona 35 en ómnibus, se le restan los que se dirigen en sentido descendentes hacia la zona 36.

Se suman los valores arriba obtenidos dando un total de **32516 viajes**, suma similar a la obtenida de los datos del corte de boletos correspondientes al día 9 de septiembre de 2003, que figura en tabla 4.31, de esta manera, se verifica que la demanda calculada, es aproximadamente igual a la real, habiendo una diferencia del 2.14%.

Ya obtenidos los valores de la demanda en la hora pico para cada escenario, es posible el dimensionamiento de la línea de monorriel.

#### IV.5 RAMALES R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>

Los valores antes expresados de asignación de viajes, corresponden a la totalidad de la franja servida por el monorriel. Parte de estos viajes corresponden a franjas que son servidas por ramales denominados R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> (ver Figura 4.1). La participación de estos ramales en la franja de servicio total de cada zona, está dada por las siguientes porcentuales.

El ramal  $R_1$  brinda servicios en fracciones de zonas 35 y 36, en la siguiente composición indicada en tabla 4.33:

**Tabla 4.33:** Superficie Servida por Ramal  $R_1$  en cada Zona

ZONA	PARTICIPACION DE RAMALES EN ZONAS	
	% SUP. TOTALES	SUPERFICIE Ha.
35	13.36	147.78
36	16.49	182.27

El ramal  $R_2$  brinda servicios en una fracción de la zona 23, en la siguiente composición, expresada en tabla 4.34:

**Tabla 4.34:** Superficie Servida por Ramal  $R_2$  en cada Zona 23

ZONA	% PARTICIPACION DE SUB RAMAL	
	% SUP. TOTALES	SUPERFICIE Ha.
23	13.89	177.95

El análisis de los ramales  $R_1$  y  $R_2$ , se realiza para el Escenario II, sin competencia en la franja de 500m, y sin servicio alimentador de ómnibus.

#### IV. 5.1 Asignación de Viajes para Ramal $R_1$

A continuación en tabla 4.35, se vierten los valores de asignación de viajes para las zonas involucradas.

**Tabla 4.35:** Viajes en zonas 35 y 36

ZONA	VIAJES POR ZONA			
	2010	2020	2030	2035
35	19059	26793	35328	40415
36	16971	24122	32163	37017
<b>TOTALES</b>	<b>36031</b>	<b>50915</b>	<b>67492</b>	<b>77431</b>

De la misma manera que en puntos anteriores en tabla 4.36 se tienen las tasas de viajes por Ha.

**Tabla 4.36:** Tasas de Viajes por Ha. en zonas 35 y 36

ZONA	TASA DE VIAJES POR Ha.			
	2010	2020	2030	2035
35	17	24	32	37
36	11	15	20	23

Por lo tanto los viajes diarios generados en monorriel, en la franja de servicio del ramal  $R_1$ , serán los de tabla 4.37.

**Tabla 4.37:** Viajes en monorriel para ramal  $R_1$

ZONA	VIAJES MONORRIEL RAMAL $R_1$			
	2010	2020	2030	2035
35	2546	3580	4720	5399
36	2799	3978	5304	6104
<b>TOTALES</b>	<b>5345</b>	<b>7557</b>	<b>10024</b>	<b>11503</b>

#### IV.5.2 Asignación de Viajes para Ramal R2

Los distintos valores de asignación de viajes para la zona servida por el ramal R2, están dados en tabla 4.38:

**Tabla 4.38:** Viajes en zona 23

ZONA	VIAJES POR ZONA			
	2010	2020	2030	2035
23	17131	21582	25346	27345

De la misma manera que en puntos anteriores, se pueden tener las tasas de viajes por Ha. En tabla 4.39.

**Tabla 4.39:** Tasas de viajes por Ha. en zona 23

ZONA	TASA DE VIAJES POR Ha.			
	2010	2020	2030	2035
23	15	19	22	24

Por lo tanto los viajes diarios generados en monorriel, en la franja de servicio del ramal R<sub>2</sub>, son los de tabla 4.40.

**Tabla 4.40:** Viajes en monorriel para ramal R<sub>2</sub>

ZONA	VIAJES MONORRIEL RAMAL R2			
	2010	2020	2030	2035
23	930	1154	1342	1442

## **CAPITULO V**

### **DIMENSIONAMIENTO DE LINEA NOROESTE DEL MONORRIEL**

#### **V.1 INTRODUCCIÓN.**

En este capítulo, se procede a dimensionar en forma aproximada la línea de monorriel empleando para ello, el cálculo de viajes obtenido en los capítulos anteriores. La línea noroeste del monorriel, deberá por lo tanto satisfacer la demanda a lo largo del periodo de estudio en los distintos escenarios o situaciones que fueran planteadas en el capítulo IV.

#### **V.2 RECORRIDOS.**

En la figura 5.1 se presenta un diagrama de la línea que se encuentra constituida por un recorrido troncal (T) y dos ramales secundarios ( $R_1$  y  $R_2$ ), los cuales se detallan a continuación.

##### **V.2.1 Recorrido troncal (T):**

A continuación se detalla el recorrido en ida y vuelta de la línea troncal.

###### ***Ida:***

Avenida Donato Álvarez y calle Unidad Nacional, por Donato Álvarez, luego Virreinato de la Plata, hasta intersección con vías del ferrocarril General Belgrano (ramal tren serrano), y desde allí por espacio aéreo de vías hasta la unión con vías de ferrocarril General Belgrano (ramal a Guiñazu). El recorrido continúa por espacio aéreo de este último ramal hasta calle Roque Sáenz Peña, por ella hasta cruzar el Río Suquía, luego por Avenida General Paz hasta ex – plaza General Paz.

###### ***Regreso:***

Desde ex – plaza General Paz, por calle La Tablada hasta Avenida Figueroa Alcorta, luego cruce del Río Suquía y por calle Lavalleja hasta ramal de ferrocarril General Belgrano. Desde este punto continua por espacio aéreo de las vías, hasta unión con ramal serrano, luego por espacio aéreo de este último, hasta calle Virreinato de la Plata, y por ella hasta Avenida Donato Álvarez, hasta calle Unidad Nacional, donde se encuentra el terminal de línea.

##### **V.2.2 Ramales secundarios**

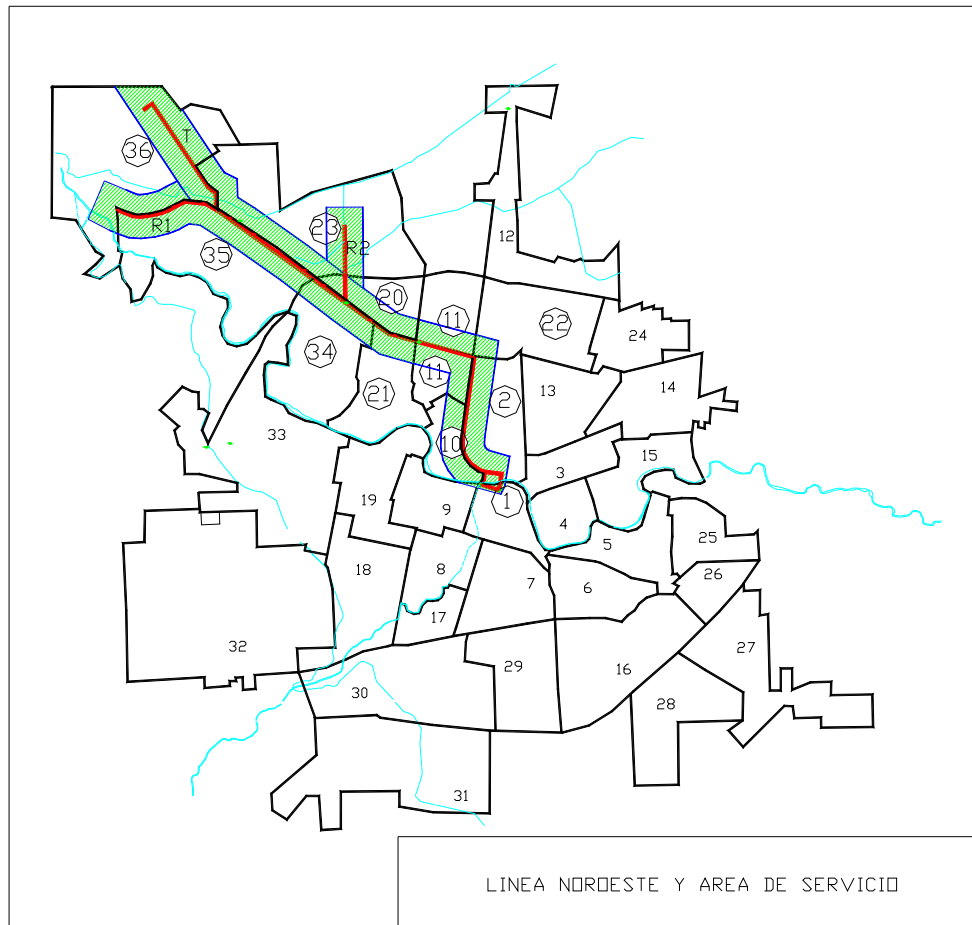
A continuación se describen los recorridos de los ramales secundarios  $R_1$  y  $R_2$ .

###### ***V.2.2.1 Ramal Secundario por Avenida Ricardo Rojas ( $R_1$ )***

En ida y vuelta, mediante dos vigas-vía, desde Avenida Manuel de Falla e intersección Avenida Ricardo Rojas, por espacio aéreo hasta calle Virreinato de la Plata y vías del ferrocarril donde se une a la línea troncal.

###### ***V.2.2.2 Ramal secundario por Boulevard E. Spilimbergo ( $R_2$ )***

Con una sola viga-vía en ida y vuelta, desde Boulevard E. Spilimbergo y calle De Los Calabreses, por Boulevard E. Spilimbergo hasta intersección ramal “tren de las sierras”, donde se une a línea troncal. En este pequeño tramo de aproximadamente 2100 metros, se usa solo una viga, es decir que el mismo vehículo se desplazara en uno y otro sentido para cubrir el trayecto.



**Figura 5.1:** Trazado de la línea de monorraíl propuesta

### **V.3 TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS – CONCEPTOS FUNDAMENTALES.**

#### **V.3.1 Capacidad**

El concepto de “capacidad” en transporte colectivo es más complejo que en una carretera, ya que hace referencia a un doble movimiento, personas y vehículos. Es decir, refleja la interacción entre la concentración de circulación de pasajeros y el flujo de vehículos.

#### **V.3.2 Movimientos de Pasajeros**

Cada calzada, vía o instalación de transporte colectivo, se debe analizar en función del número de personas transportadas en un periodo de tiempo específico. Se debe tener en cuenta el tipo de vehículo y la ocupación de cada uno de ellos.

Así por ejemplo, un carril de una carretera con 1800 vehículos por carril y por hora, con una ocupación media de 1.5 pasajeros por vehículo, tendrá un movimiento de pasajeros de 2.700 personas por hora.

#### **V.3.3 Capacidad de Pasajeros**

La capacidad de pasajeros o capacidad de transporte de pasajeros de una cierta línea de transporte se puede definir como el número máximo de pasajeros que pueden ser transportados



en un periodo de tiempo dado para condiciones de circulación específicas y con demora, seguridad, restricción y regularidad razonable.

La capacidad de pasajeros depende de la composición de la corriente circulatoria, incluyendo el número y la ocupación de cada vehículo que se puede razonablemente esperar que atraviese una sección de la calzada o vía. Es decir, es función del tamaño del vehículo, tipo, ocupación e intervalo.

### Factores Básicos y Ecuaciones

La capacidad de pasajeros de una línea de transporte colectivo es el producto del número de vehículos por hora, por el número de pasajeros que pueden transportar cada vehículo. Existen cuatro factores básicos que determinan la capacidad máxima de pasajeros, estos son:

1. El máximo número de vehículos por unidad de transporte (autobús, coche, tren, monorraíl).
2. La capacidad de pasajeros por vehículo unitario de cada transporte colectivo.
3. El mínimo intervalo o frecuencia entre vehículos individuales, o trenes.
4. El número de vías de movimiento o posiciones de carga.

A continuación, se presentan algunas variables que influyen sobre la capacidad de los transportes colectivos. Algunas influyen sobre el número de pasajeros por unidad, mientras que otras afectan al número de unidades que pueden atravesar una sección en un tiempo determinado.

1. Características de los vehículos:
  - Número de vehículos por unidad de transporte colectivo (ej. Ómnibus de una sola unidad, o varias unidades por tren o monorraíl).
  - Dimensiones de los vehículos.
  - Configuración de asientos y capacidad.
  - Número y altura de los escalones de acceso o acceso a nivel de piso.
  - Número, ubicación y ancho de las puertas.
  - Velocidad máxima.
  - Campo de variación de las aceleraciones y desaceleraciones.
  - Tipo de control de puertas.
2. Características de las vías.
  - Diseño de la sección transversal (ej. Número de carriles o vías).
  - Grado de separación con respecto al resto del tránsito.
  - Regulación de las intersecciones (al mismo nivel, distinto nivel, tipo de regulación del tránsito).
  - Proyecto del trazado.
3. Características de las paradas.
  - Espaciamiento (frecuencia) y duración.
  - Trazado (en línea o dársenas).
  - Altura de los andenes.
  - Número y longitud de las posiciones de cargas.
  - Método de recaudación de tarifa (abono previo, abono a la entrada o a la salida).
  - Tipo de tarifa (de una sola moneda, cospel, cambio exacto, o tarjeta electrónica o magnética).
  - Zonas separadas o comunes para el acceso y la salida de los pasajeros.
  - Accesibilidad de los pasajeros a las paradas.
4. Características del funcionamiento.
  - Tránsitos.
  - Procedimientos de espera en final de línea y de ajustes de horarios.

- Pérdidas de tiempo para estacionamientos.
  - Regularidad en las llegadas a una parada.
5. Características del tránsito de pasajeros.
    - Concentración y distribución de los pasajeros en las paradas principales.
    - Presentación de los picos de demanda de viaje (por ej. Factor hora pico).
  6. Características del tránsito de la vía.
    - Volumen y composición del tránsito (en calzadas compartidas).
    - En las intersecciones a nivel, naturaleza de las circulaciones que se cruzan.
  7. Método de control de intervalos.
    - Automático o realizado por el conductor.
    - Política adoptada para el espaciamiento inter-vehicular.

Así mismo la capacidad de una línea de transporte varía a lo largo del itinerario. Las limitaciones que se pueden producir son:

1. Entre paradas, debido a la capacidad de la vía.
2. En las paradas o estaciones.
3. En intersecciones de importancia con tránsito que se cruza.
4. En las terminales.

En la mayoría de los casos no es la capacidad de la vía la limitación más crítica, sino la capacidad de las estaciones.

Generalmente la capacidad está determinada por la parada crítica, son importantes las siguientes consideraciones:

- a. Una línea de transporte colectivo con una distribución de entrada de pasajeros sensiblemente uniforme entre todas las paradas, normalmente tendrá capacidad mayor que otra en la que la entrada de pasajeros se concentra en una sola parada.
- b. Se deben tener en cuenta variaciones a muy corto plazo en la demanda de transporte, con el fin de evitar la formación de colas o aglomeraciones inaceptables. Las modificaciones en los modelos de llegada y tiempos de parada tenderán a reducir la capacidad.
- c. La intensidad máxima está generalmente limitada por factores tales como niveles admisibles de comodidad de pasajeros, la presencia de otras circulaciones que comparten la misma vía, y por las condiciones de seguridad. Esto lleva a los gestores del transporte colectivo a interesarse más por las intensidades reales que pueden ser alcanzadas por los diferentes modos, que por la capacidad física teórica.
- d. Que los sistemas de transporte colectivo operen al "límite de su capacidad" tiene por objeto conseguir un mayor aprovechamiento, sin embargo esto comporta condiciones de operación que son indeseables. Es así como la mayoría de los sistemas de transporte colectivos solo operan al límite de su capacidad en periodos de tiempo relativamente cortos, si es que alguna vez se alcanza.
- e. Cuando la capacidad se obtenga mediante métodos analíticos se la debe contrastar con aquellas otras obtenidas de datos reales de circulación para probar su posible validez.

La capacidad de una línea de transporte puede ser calculada mediante las siguientes ecuaciones:

$$C_v = \frac{3600 \times R}{I} = \frac{3600 \times R}{T_{ps} + t_d} \quad (5.1)$$

$$C_p = n \times c \times C_v = \frac{3600 \times n \times c \times R}{T_{ps} + t_d} \quad (5.2)$$

En donde:  $C_v$  es la capacidad máxima en (veh./hora), por vía o parada;  $n$  es igual a la cantidad de vagones por formación;  $c$  es el número de pasajeros por vagón;  $I$  es el intervalo entre dos unidades consecutivas;  $t_d$  es el tiempo de despeje entre dos vehículos consecutivos.(expresado en segundos);  $T_{ps}$  es el tiempo de parada en servicio a pasajeros, en segundos;  $R$  es el factor de reducción de la capacidad, para tener en cuenta la variación en el modelo de llegadas, para transportes con vía exclusiva es igual a 1.

#### Tiempo de Servicio de Pasajeros e Intervalos entre Unidades

Los parámetros claves, tanto para el cálculo de la capacidad en vehículos y en pasajeros como para dimensionar o evaluar potenciales cambios en el equipamiento o en las condiciones de operación, son los tiempos de: a) servicio de pasajeros y b) de parada en servicio a pasajeros.

El intervalo mínimo entre unidades es:

$$I_{\min} = T_{ps} + t_d \quad (5.3)$$

Donde:  $T_{ps}$  el tiempo real de parada en servicio a pasajeros, cuando las puertas están abiertas y  $t_d$  el tiempo de despeje entre unidades. El tiempo perdido en apertura y cierre de puertas puede adicionarse a cualquiera de los dos tiempos citados y es de 4 a 5 segundos. A seguir se describen ambos tiempos:

##### a) Tiempo de Servicio de Pasajeros.

Es el tiempo requerido por cada pasajero para acceder salir de la unidad, depende de distintos factores, entre ellos:

1. Número y ancho de las puertas.
2. Número y altura de los escalones.
3. Tipo de control para actuar sobre las puertas.
4. Sistema de expendio de boletos y recogida de tarifas.
5. Cantidad de equipajes o bultos portados por los pasajeros.
6. Configuración y cantidad de asientos en el interior de la unidad.
7. Ancho de pasillo.
8. Estado y configuración del bordillo y zona de parada.

Las investigaciones sobre los tiempos de servicio a pasajeros han puesto de manifiesto los siguientes aspectos:

- a. La utilización de dos puertas conjuntamente para el acceso de pasajeros, consume menos tiempo que si solo se utilizase una de ellas, si bien en el primer caso el tiempo necesario es más de la mitad del empleado en el segundo.
- b. La reducción de asientos dobles en ambos lados del vehículo aun solo asiento en un único lado del mismo, puede reducir el tiempo de servicio de pasajeros en periodos pico.
- c. Los tiempos de salida son mayores cuando hay pasajeros esperando para entrar.
- d. Cuando los pasajeros que ingresan se encuentran formando una cola ordenada, las demoras que se producen tanto en la salida como en el acceso son breves.
- e. La existencia de pasajeros de pie aumenta el tiempo de servicio de pasajeros, aun cuando estos no interfieran a los que ascienden o descienden.

Los tiempos de servicio varían de acuerdo al ancho de las puertas, al método de operación y al sistema de cobro del boleto.

Para servicios con prepago del boleto, 2 puertas automáticas dobles y piso a nivel, es de 0.3 a 0.5 segundos por pasajero.

b) Tiempos de Despeje.

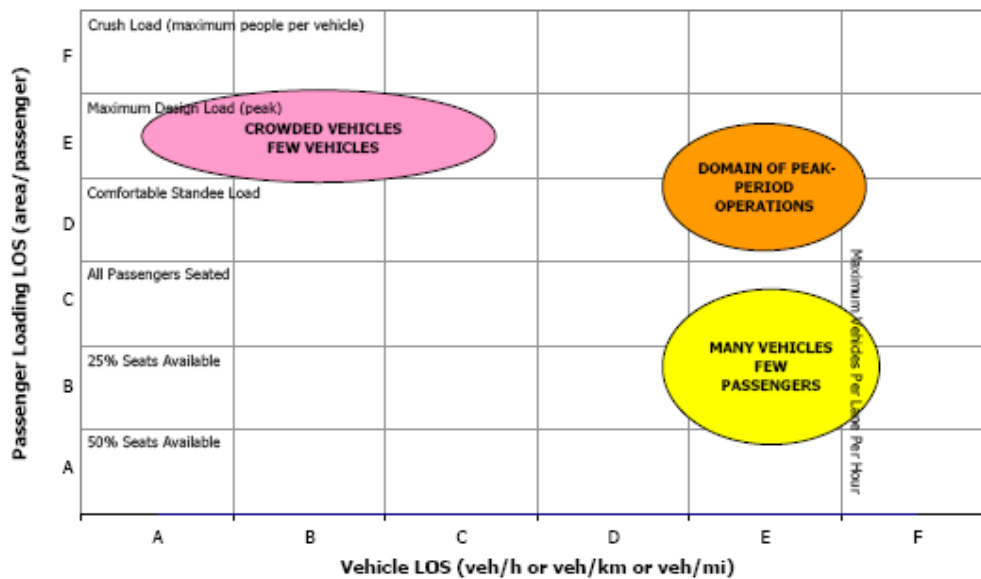
Los datos de campo de los tiempos de despeje son muy limitados. En condiciones normales y para servicios totalmente automatizados, se recomienda valores de 4 a 5 segundos.

**V.3.4 Nivel de Servicio.**

El nivel de servicio, depende de la oportunidad de los horarios, comodidad en los vehículos, frecuencia, velocidad y regularidad del servicio. En la velocidad influye no solo el numero de usuarios de la línea de transporte colectivo, sino también desde una perspectiva mas general, la frecuencia de las paradas y el tiempo de espera, las interferencias causadas por el resto del tránsito y la regularon de la circulación adoptada en dicha línea de transporte.

Una medida importante de la eficacia de un sistema de transporte, es la “capacidad en oferta”, siendo esta el producto de la capacidad por la velocidad.

Desde el punto de vista de la capacidad, existen dos aspectos del nivel de servicio de suma importancia: el número de pasajeros por vehículo y el número de vehículos por hora. En la relación capacidad – nivel de servicio deben quedar reflejados amos aspectos. En la figura 5.2 se muestra esta naturaleza bidimensional de la capacidad del transporte colectivo.



**Figura 5.2:** Esquema bidimensional para determinar el nivel de servicio. (TRB, 2003)

Como se puede apreciar, es posible disponer de muchos vehículos de transporte en circulación, transportando cada uno de ellos pocos pasajeros. Sin embargo, desde la perspectiva de la vía, el número de vehículos puede encontrarse cercano a la capacidad pese a que están prácticamente vacíos (sector 1 del esquema).

También puede darse el caso de un escaso número de vehículos, circulando cada uno de ellos fuertemente cargados. Esta situación representaría un nivel de servicio disuasorio desde el punto de vista de la comodidad de los pasajeros (sector 2 del esquema).

Por ultimo, la circulación en el entorno de las horas pico generalmente se realiza mediante un gran

número de vehículos o unidades y cada uno de ellos fuertemente cargados (sector 3 del esquema). En tabla 5.1 se tiene el nivel de servicio en función de la cantidad de personas por vehículo.

**Tabla 5.1:** Nivel de Servicio, personas por vehículo. (Hitachi Co., 2005)

Nivel de Servicio En Hora Pico	Pasajeros Por Vehículos	M2/Pasajero Aproximado	Pasajeros/Asiento Aproximados
<b>A</b>	0 a 44	1.82 o mas	0.00 a 0.50
<b>B</b>	44 a 88	1.82 a 0.91	0.51 a 1.00
<b>C</b>	88 a 128	0.91 a 0.63	1 a 1.45
<b>D</b>	128 a 168	0.63 a 0.52	1.45 a 1.91
<b>E (Carga Max. Prevista)</b>	168 a 315	0.52 a 0.28	1.91 a 3.58
<b>F (Carga Tope)</b>	406	< 0.20	3.58 a 4.61

Se puede decir, para su mayor comprensión, que existen ciertos umbrales que marcan niveles de confort para los pasajeros, ellos son (TRB, 2003):

1. **5 pasajeros/m<sup>2</sup>:** Inconfortable, cerca de la carga critica, con contacto corporal frecuente entre los pasajeros, dificultad para acarrear bolsos y paquetes y extremadamente difícil para moverse desde y hacia las puertas.
2. **3.3 pasajeros/m<sup>2</sup>:** Razonable servicio de carga, con ocasional contacto corporal entre los pasajeros, y se requiere de algún esfuerzo para moverse desde y hacia las puertas.
3. **2 pasajeros/m<sup>2</sup>:** Confortable servicio de carga, sin contacto corporal entre los pasajeros, y fácil circulación desde y hacia las puertas.

#### V.4 OFERTA TECNOLÓGICA.

Se trabaja con vehículos de monorraíl elevado, cuyas características tecnológicas y prestaciones se describen en párrafos subsiguientes.

##### V.4.1 Características Técnicas del Monorraíl elevado:

Se adopta para este trabajo, el vehículo denominado Hitachi Small, cuyas características se detallan a continuación en figuras 5.3 y 5.4 y en tabla 5.2.



**Figura 5.3:** "Hitachi Small" Unidad de 2 vagones (Hitachi, 2001)

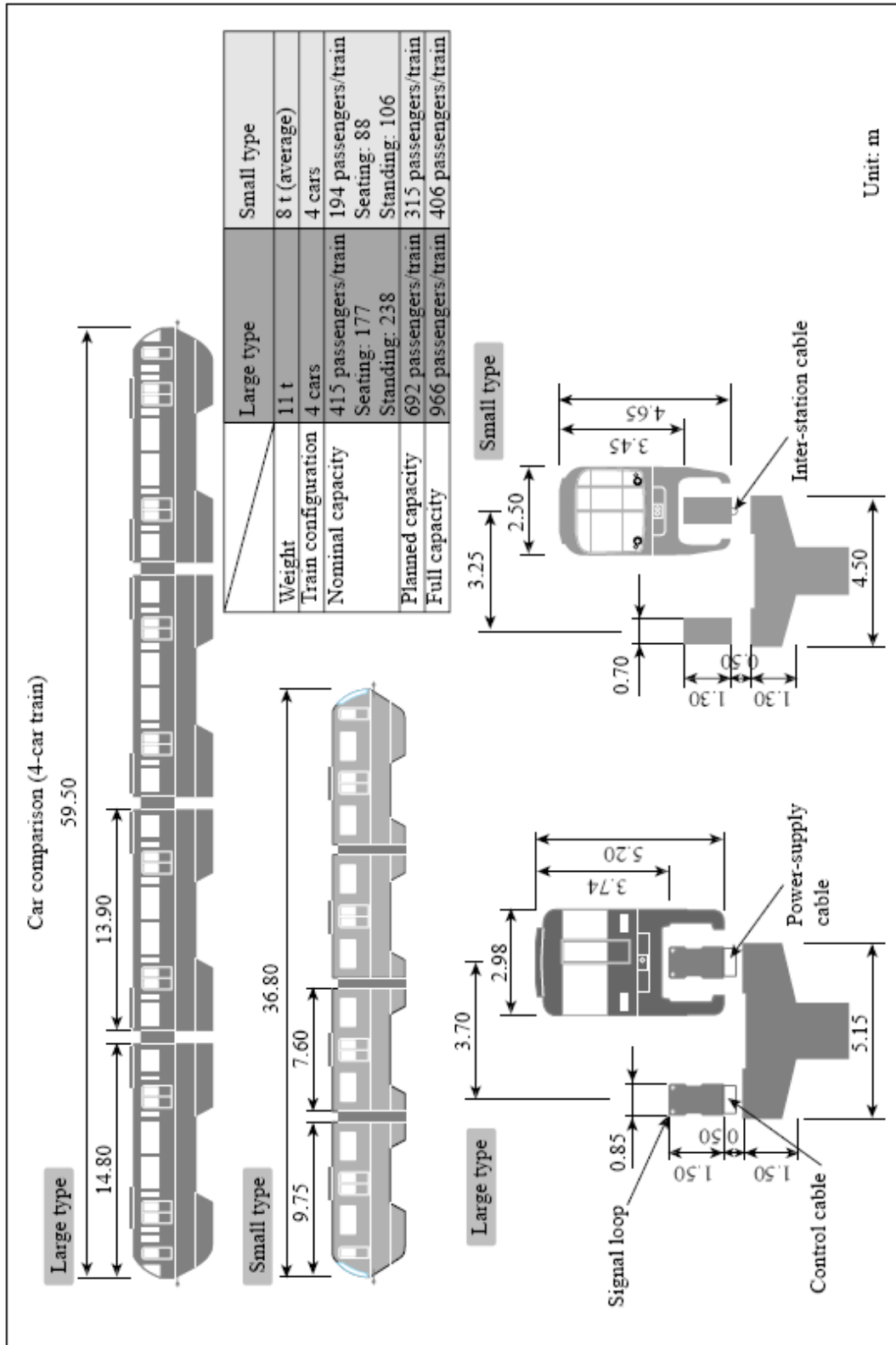


Figura 5.4: Unidad de 4 vagones y estructura de soporte (Hitachi, 2001)

La ficha técnica se muestra en tabla 5.2

**Tabla 5.2** Características Técnicas del Monorriel (Hitachi, 2001)

<b>Velocidad máxima (Km/hr.)</b>	<b>60</b>
<b>Velocidad media aproximada (Km/hr.)</b>	<b>36</b>
<b>Aceleración máxima (m/seg<sup>2</sup>)</b>	<b>0.90</b>
<b>Desaceleración máxima (m/seg<sup>2</sup>)</b>	<b>1.00</b>
<b>Radio de curva mínimo (mts.)</b>	<b>40</b>
<b>Pendiente máxima admitida (%)</b>	<b>6</b>
<b>Capacidad Tope o Critica (pasajeros)</b>	<b>406<sup>(1)</sup></b>
<b>Dimensiones de viga (mts.)</b>	<b>0,70 x 1,30</b>
<b>Longitud de estación (mts.)</b>	<b>35</b>

Nota: <sup>(1)</sup> Capacidad con vehículo compuesto de 4 vagones, con carga máxima de diseño.

Se ha seleccionado este vehículo, debido a que:

1. Necesita estaciones de pequeño porte.
2. Radios de curva pequeños, lo que permite su mejor adaptación a la traza urbana.
3. Permite sortear pendientes de hasta 6%.
4. Flexible en su capacidad, puede llevar de 2 a 4 carros, permitiendo una mejor adaptación a la demanda.
5. Ruedas de caucho, reducen el ruido y proveen una mejor tracción, lo que permite abordar gradientes de hasta 6%.
6. Son factibles de ser totalmente automatizados, prescindiendo del conductor.

#### V.4.2 Capacidad del sistema (para carga tope o critica):

De acuerdo a las características del monorriel adoptado, y de ecuaciones 5.1 y 5.2, se tiene:

$$C_v = \frac{3600 \times R}{I} = \frac{3600 \times R}{T_{ps} + t_d} \quad (5.1)$$

$$C_p = n \times c \times C_v = \frac{3600 \times n \times c \times R}{T_{ps} + t_d} \quad (5.2)$$

Reemplazando en ecuación 5.1, donde  $(T_{ps} + t_d)$  es igual a 120 segundos (Hitachi Co., 2005); y R es igual a 1 por ser vía exclusiva. (TRB, 2003), se tiene.

$$C_v = \frac{3600 \times 1}{120} = 30 \text{ veh/hr} \quad (5.1)$$



Ahora reemplazando en ecuación 5.2:

$$C_p = n \times c \times C_v = \frac{3600 \times n \times c \times R}{T_{ps} + t_d} \tag{5.2}$$

Donde n es igual a 4 y c es igual a; c es el número de pasajeros por vagón para la carga tope o crítica que es igual a 101. La capacidad resulta de ecuación 5.2:

$$C_p = 4 \times 101 \times 30 = 12120 \text{ Pasajeros / Hora} \tag{5.2}$$

Esta capacidad es permitida para el dimensionado de la línea en hora pico (Hitachi, 2001).

**V.5 DESARROLLO.**

En el capítulo IV, ya se determinaron las matrices O–D, para el sistema de monorriel, en los distintos escenarios asumidos, de acuerdo a cada situación de competencia y tarifaria oportunamente planteada.

Para dimensionar la línea, se procede a discretizar el recorrido de la traza del monorriel, en 5 segmentos, compuestos por las zonas de origen de viajes, de la siguiente manera:

- Segmento A: Zonas 35 y 23 (zona 36 principio del recorrido).
- Segmento B: zonas 34, 21 20.
- Segmento C: Zona 11.
- Segmento D: Zonas 2 ,10 y 22.
- Segmento E: zona 1 (centro, fin del recorrido).

De esta manera es posible conformar una tabla como la 5.3

**Tabla 5.3:** Viajes por segmentos del Itinerario

ORIGEN	SEGMENTOS DEL ITINERARIO				
	A	B	C	D	E
36	S <sub>11</sub>	S <sub>12</sub>	S <sub>13</sub>	S <sub>14</sub>	S <sub>15</sub>
23					
35					
20					
21					
34					
22					
11					
2					
10					
DEMANDA					

En esta tabla se denominaran a las celdas con la letra S, y se colocan en posición S<sub>11</sub> todos los viajes que se originan en la zona 36 y que atraviesan o tienen como destino las zonas 23 y 35 (segmento A). En este análisis, se excluyen los viajes con origen y destino en la misma zona, y se consideran los viajes siempre en sentido hacia el centro. En celda S<sub>12</sub> se tiene la cantidad de viajes con origen en zona 36 hacia las demás zonas, menos los que tienen por destino las zonas que conforman el segmento anterior, o sea el A. En la celda S<sub>13</sub>, se ubica la cantidad de viajes

originados en zona 36, menos los que tienen por destino a los segmentos anteriores A y B. En celda  $S_{14}$ , todos los generados en zona 36, menos los que tienen como destino las zonas de los segmentos anteriores A, B y C; y por último la celda  $S_{15}$  todos los generados por zona 36, menos los que tienen como destino los segmentos anteriores A, B, C y D. Es decir que esta celda representa a quienes tienen como destino el centro de la ciudad, ya sea como destino final o como lugar de trasbordo hacia otras zonas de la ciudad. Se procede de la misma manera con los viajes generados por las restantes zonas de origen que se encuentran en la traza, llenándose la tabla fila por fila. Una vez completada la última fila de la tabla 5.3, se procede a sumar cada columna, dando así el segmento más solicitado. De esta forma, se tiene la sumatoria de los viajes que transitan por cada segmento, generados por cada una de las zonas del recorrido, lo que sirve para la diagramación del número y la frecuencia de los vehículos del medio de transporte a dimensionar. A continuación se plantean los escenarios desarrollados en el capítulo IV.

### V.5.1 Monorriel elevado con competencia del ómnibus.

#### V.5.1.1 Situación: Tarifa Bus igual a tarifa Monorriel (Relación 1:1).

Siguiendo la metodología expuesta en el desarrollo, se obtienen los valores de la demanda por segmento del itinerario y para cada año:

Análisis para el año 2010, se presentan los valores de demanda por segmento en tabla 5.4.

**Tabla 5.4:** Demanda por segmento del itinerario para año 2010

ORIGEN	SEGMENTOS DEL ITINERARIO				
	23, 35	20,21,34	11	2, 10, 22	1
36	5178	4617	3797	3797	3706
23	5365	5365	4923	4724	4579
35	7753	7578	6396	6274	6051
20		3972	3972	3860	3641
21		1998	1998	1998	1958
34		3401	3357	3273	3231
22			506	506	485
11			3800	3800	3561
2				9254	9217
10				1873	1873
<b>SUMA</b>	18295	26931	28750	<b>39359<sup>(1)</sup></b>	38302

Nota: <sup>(1)</sup> Segmento con mayor cantidad de pasajeros diarios.

De tabla 5.4, el segmento más solicitado, el D, resulta el inmediato al centro de la ciudad, que corresponde a zonas 2,10 y 22. Teniendo en cuenta este valor de pasajeros, y los datos de hora pico, velocidad y capacidad del vehículo monorriel adoptado, se tiene:

$$PHP = \text{Pasajeros diarios} \times 0.073 \quad (5.4)$$

El valor 0.073 corresponde al 7.3% mencionado en punto IV.3.1

Los pasajeros en hora pico en segmento de mayor demanda es:

$$PHP = 39359 \times 0.073 = 2873$$

A su vez se tiene que la longitud de la línea es de 18 km, el tiempo de espera en los extremos de la línea es de 5 minutos y el tiempo total de la vuelta resulta de 70 minutos. Se asume que el tiempo de la vuelta sin las esperas, es de 60 minutos ya que la velocidad promedio considerada es de 36 km/hr.

La cantidad de vehículos necesarios para la hora pico, está dada por la ecuación 5.5:

$$N = \frac{V_h \times 2L}{n \times c \times v} \quad (5.5)$$

Con  $V_h$  pasajeros en hora pico; L longitud de la línea; n número de vagones; c cantidad de vagones por unidad; v velocidad comercial ecuación 5.6.

$$v = \frac{2L}{T} \quad (5.6)$$

Con L longitud de la línea y T tiempo de la vuelta, se obtiene:

$$v = \frac{2L}{T} = \frac{2 \times 18 \text{ km}}{1.17 \text{ hs.}}$$

Luego:

$$v = 30.77 \text{ km/hr}$$

Por lo tanto la cantidad de vehículos necesarios para la hora pico de acuerdo a ecuación 5.3 son:

$$N = 9 \text{ Vehículos.}$$

La frecuencia esta dada por ecuación 5.7.

$$I = \frac{T \times 60}{N} \quad (5.7)$$

Donde I es la frecuencia en minutos; T tiempo de la vuelta en horas y N numero de vehículos necesarios.

Reemplazando en ecuación 5.7, la frecuencia es:

$$I = \frac{1.17 \text{ hr} \times 60}{9} = 7 \text{ min } 48 \text{ seg.}$$

Para los años 2020, 2030 y 2035, como así también para el resto de los escenarios, se procede en forma análoga al año 2010. Se aplican las ecuaciones 5.4; 5.5; 5.6 y 5.7. En tabla 5.5 se muestran los valores de PHP, N, e I para L igual a 18 km y T igual a 1.17 hs.

**Tabla 5.5:** PHP, N e I para relación de tarifas 1:1

AÑO	PHP	N	I
2010	2873	9	7 min 48 seg.
2020	3565	11	6 min 23 seg.
2030	4181	13	5 min 24 seg.
2035	4525	14	5 min 00 seg.

**V.5.1.2 Situación: Tarifa Bus Vs. Tarifa Monorriel (Relación 1:1.15).**

Los resultados se muestran en tabla 5.6:

**Tabla 5.6:** PHP, N e I para relación de tarifas 1:1,15

AÑO	PHP	N	I
2010	2106	7	10 min 02 seg.
2020	2632	8	8 min 47 seg.
2030	3110	10	7 min 48 seg.
2035	3379	10	7 min 01 seg.

**V.5.1.3 Situación: Tarifa Bus Vs. Tarifa Monorriel (Relación 1:1.35).**

De la misma manera se obtiene la tabla 5.7 para la relación de tarifas 1:1.35:

**Tabla 5.7:** PHP, N e I para relación de tarifas 1:1,35

AÑO	PHP	N	I
2010	1726	5	14 min 02 seg.
2020	2165	7	10 min 02 seg.
2030	2567	8	8 min 47 seg.
2035	2794	9	7 min 48 seg.

A continuación se muestra tabla 5.8, el resumen del escenario I "Monorriel elevado con competencia del ómnibus".

Tabla 5.8, resumen escenario I:

**Tabla 5.8:** PHP, N e I para Escenario I

		AÑO	PHP	N	I
<b>TARIFA REL. (1:1)</b>	<b>2010</b>	2873	9	7 min 48 seg.	
	<b>2020</b>	3565	11	6 min 23 seg.	
	<b>2030</b>	4181	13	5 min 24 seg.	
	<b>2035</b>	4525	14	5 min 00 seg.	
<b>TARIFA REL. (1:1,15)</b>	<b>2010</b>	2106	7	10 min 02 seg.	
	<b>2020</b>	2632	8	8 min 47 seg.	
	<b>2030</b>	3110	10	7 min 01 seg.	
	<b>2035</b>	3379	10	7 min 01 seg.	
<b>TARIFA REL. (1:1,35)</b>	<b>2010</b>	1726	5	14 min 02 seg.	
	<b>2020</b>	2165	7	10 min 02 seg.	
	<b>2030</b>	2567	8	8 min 47 seg.	
	<b>2035</b>	2794	9	7 min 48 seg.	

### V.5.2 Monorriel Elevado sin competencia del Ómnibus, en su franja de servicio de 1.000 mts.

En forma análoga al punto anterior, se obtiene el resumen para este escenario, el cual se muestra en tabla 5.9,

**Tabla 5.9:** PHP, N e I para Escenario II

AÑO	PHP	N	I
2010	3837	12	5 min 51 seg.
2020	4720	14	5 min 01 seg.
2030	5487	16	4 min 23 seg.
2035	5911	18	3 min 54 seg.

### V.5.3 Monorriel Elevado sin Competencia del Ómnibus y con Sistema Alimentador.

Continuando con la metodología usada hasta aquí, con L igual a 18 km, y T igual a 70 minutos. Se obtiene la siguiente tabla 5.10, con los valores para el escenario III.

**Tabla 5.10:** PHP, N e I para Escenario III

AÑO	PHP	N	I
2010	5567	17	4 min 08 seg.
2020	7039	21	3 min 20 seg.
2030	8410	25	2 min 48 seg.
2035	9184	27	2 min36 seg.

### V.5.4 Resumen de los Escenarios

#### V.5.4.1 Viajes Diarios en Monorriel.

En tabla 5.11 y Figura 5.5, se muestran los viajes diarios proyectados para la línea para cada escenario y umbral de tiempo.

**Tabla 5.11:** Viajes diarios en monorriel para cada escenario

AÑO	VIAJES DIARIOS EN MONORRIEL (REL. 1 A 1)		
	ESCENARIO I	ESCENARIO II	ESCENARIO III
2010	43464	57630	87996
2020	54317	71381	112237
2030	64214	83614	135368
2035	69788	90450	148581

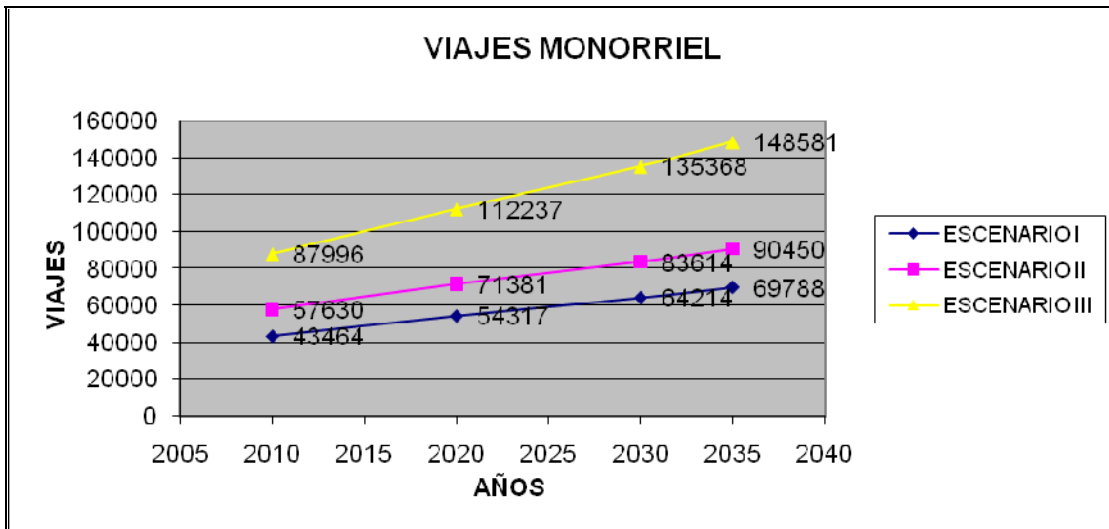


Figura 5.5: Viajes diarios en Monorriel, resumen de escenarios

**V.5.4.2 Viajes en Monorriel en Hora Pico en Segmento de Mayor Demanda**

En tabla 5.12 y Figura 5.6, se tienen los viajes en hora pico en el segmento de mayor demanda proyectados para la línea para cada escenario y umbral de tiempo.

Tabla 5.12: PHP en monorriel, para cada escenario

AÑO	PHP MONORRIEL		
	ESCENARIO I Rel(1:1)	ESCENARIO II	ESCENARIO III
2010	2873	3837	5567
2020	3565	4720	7039
2030	4181	5487	8410
2035	4525	5911	9184

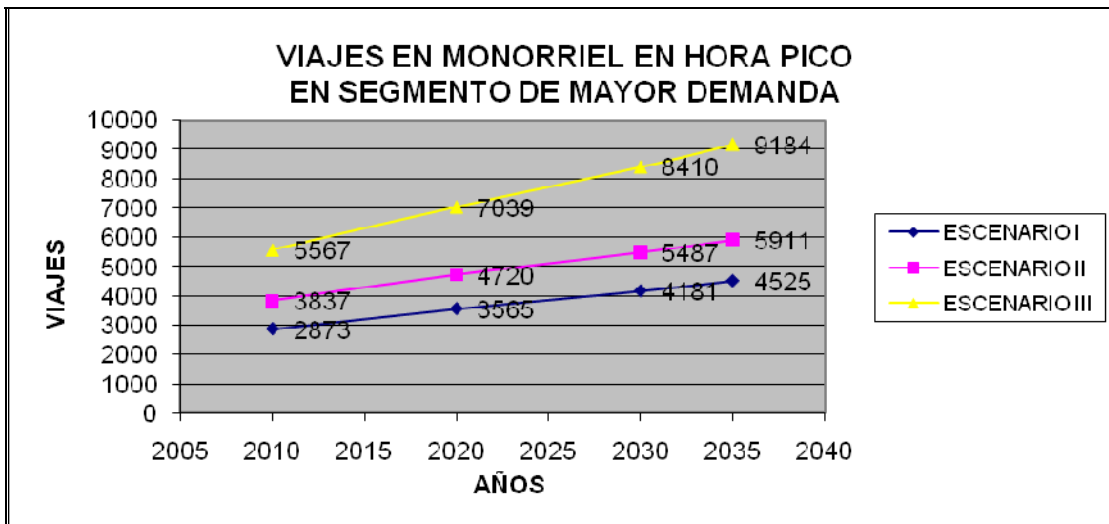
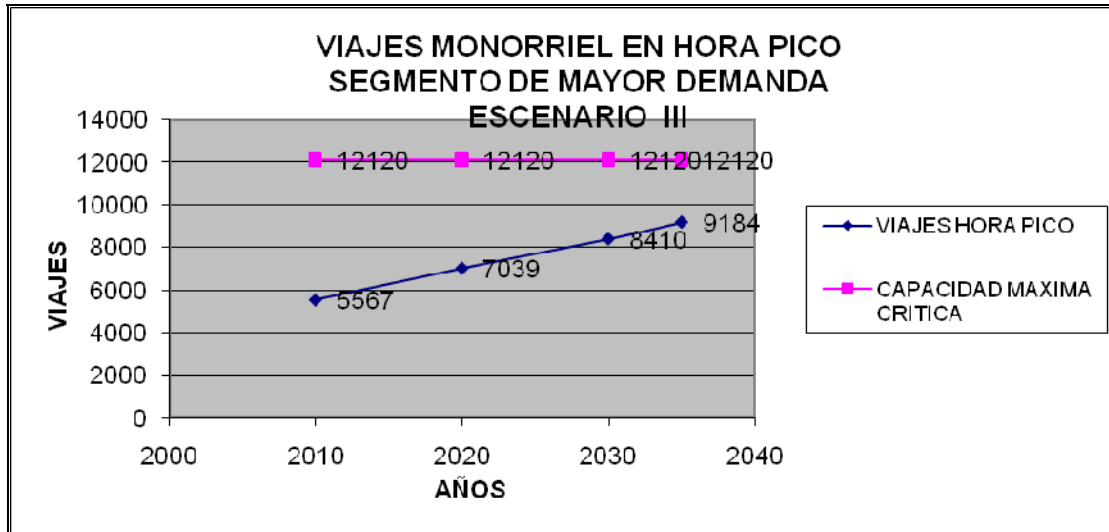


Figura 5.6: PHP en Monorriel, resumen de escenarios

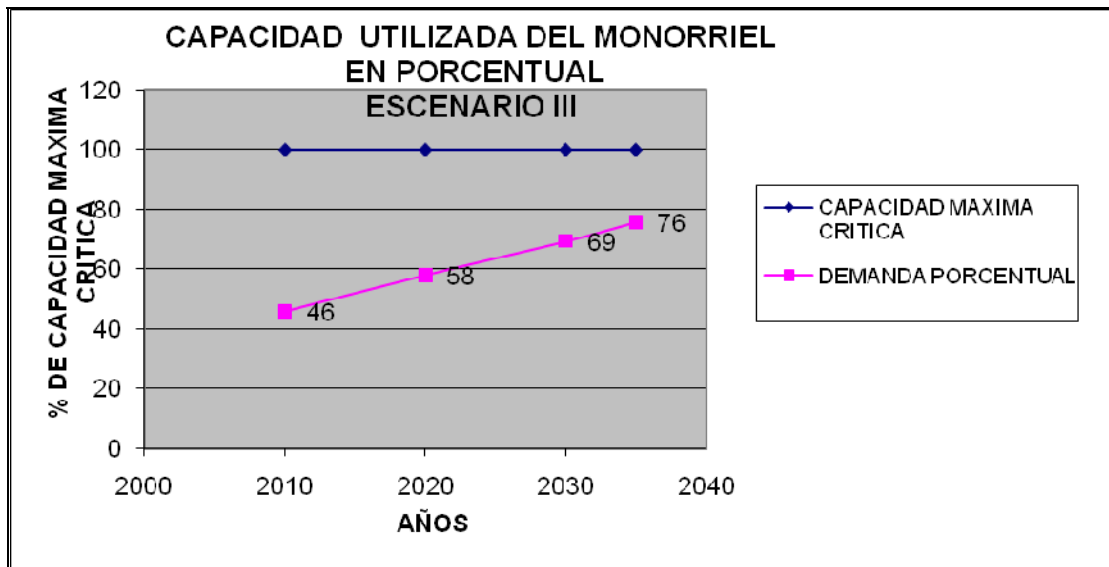
Esto implica que los valores de demanda en hora pico, son satisfechos por la oferta tecnológica.

**V.5.4.3 Máxima Capacidad Utilizada.**

Se tiene que para el año 2035 y para el escenario III, el monorriel tendrá su máxima utilización. Su capacidad máxima crítica según lo expresado en punto V.4.3 resulta de 12120 pasajeros por hora. Se muestra en Figuras 5.7 y 5.8 la ocupación de la capacidad del sistema para carga crítica o tope.



**Figura 5.7:** Viajes en monorriel en hora pico en segmento de mayor demanda. Escenario III



**Figura 5.8:** Capacidad utilizada del monorriel en porcentual para escenario III

La capacidad remanente del monorriel al final del periodo de estudio y en el escenario de mayor demanda, es del 24 %. En el capítulo siguiente se desarrollan las conclusiones del trabajo.

**V.5.5 Ramales R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>**

El análisis de los ramales R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>, se realiza para el Escenario II, debido a que presenta las condiciones que generan una demanda intermedia. Para ambos se establece una estructura de única vía con móviles de dos vagones.

**V.5.5.1 Ramal R<sub>1</sub>**

Siguiendo la metodología expuesta en el desarrollo, se obtiene en tabla 5.13, la demanda diaria por zona y para periodo de tiempo.

**Tabla 5.13:** Demanda diaria ramal R<sub>1</sub>

ZONA	VIAJES MONORRIEL RAMAL R1			
	2010	2020	2030	2035
<b>35</b>	2546	3580	4720	5399
<b>36</b>	2799	3978	5304	6104
<b>TOTALES</b>	<b>5345</b>	<b>7557</b>	<b>10024</b>	<b>11503</b>

Se tiene que la longitud de la línea es de 2.83 km, el tiempo de espera en los extremos de la línea es de 5 minutos y se asume un tiempo total de la vuelta resulta de 19 minutos. Se presenta en tabla 5.14 la demanda en hora pico.

**Tabla 5.14:** Demanda en hora pico ramal R<sub>1</sub>

ZONA	VIAJES HR.PICO R1 (S/COMP.)			
	2010	2020	2030	2035
<b>35</b>	186	261	345	394
<b>36</b>	204	290	387	446
<b>TOTALES</b>	<b>390</b>	<b>552</b>	<b>732</b>	<b>840</b>

Al igual que en los escenarios anteriores, se utilizan las ecuaciones 5.4; 5.5; 5.6 y 5.7. En tabla 5.15 se muestran los valores de PHP, N, e I para la totalidad de los años, con L igual a 2.83 km y T igual a 19 minutos o 0.32 hs.

**Tabla 5.15:** PHP, N e I para ramal R<sub>1</sub>

AÑO	PHP	N	I
<b>2010</b>	390	1	19 min.
<b>2020</b>	552	1	19 min.
<b>2030</b>	732	2	9 min.
<b>2035</b>	840	2	9 min.

Dada la baja demanda, resulta conveniente que el ramal sea de una única vía, donde la unidad de 2 vagones, va y viene hacia la unión con la línea troncal donde se realiza el traspaso de los pasajeros que se dirigen al centro de la ciudad. Corresponde consignar la posibilidad y conveniencia de atender la demanda con un servicio de ómnibus.

**V.5.5.2 Ramal R<sub>2</sub>**

La longitud de de este ramal es de 2.036 m y su desarrollo se encuentra en su totalidad dentro de la zona 23. La demanda diaria para el ramal R<sub>2</sub> se muestra en tabla 5.16.

**Tabla 5.16:** Demanda diaria ramal R<sub>2</sub>

ZONA	VIAJES MONORRIEL RAMAL R2			
	2010	2020	2030	2035
<b>23</b>	2725	3381	3931	4223



Se utiliza la misma metodología que en el ramal R<sub>1</sub>, con L igual a 2.036 km y T igual a 16 minutos con 47 segundos o 0.28 hs. A continuación en tabla 5.17, se muestran los valores de la demanda en hora pico.

**Tabla 5.17:** Demanda en hora pico ramal R<sub>2</sub>

ZONA	VIAJES HR.PICO R2 (S/COMP.)			
	2010	2020	2030	2035
<b>23</b>	199	247	287	308

De la misma manera que en el ramal R<sub>1</sub>, se obtienen los valores de PHP, N e I, los cuales se presentan en tabla 5.18.

**Tabla 5.18:** PHP, N e I para ramal R<sub>2</sub>

AÑO	PHP	N	I
<b>2010</b>	199	1	16 min. 47 seg.
<b>2020</b>	247	1	16 min. 47 seg.
<b>2030</b>	287	1	16 min. 47 seg.
<b>2035</b>	308	1	16 min. 47 seg.

Al igual que en ramal R<sub>1</sub>, se confirma la conveniencia de la vía única con una unidad de 2 vagones, con traspaso de los pasajeros a la línea troncal. Corresponde consignar la posibilidad y conveniencia de atender la demanda con un servicio de ómnibus.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **VI.1 INTRODUCCION.**

El trabajo desarrollado a lo largo de los capítulos II, III, IV, y V ha dejado sus resultados y valoraciones de la problemática expuesta en el capítulo I. Todo esto sobre la necesidad de abrir un espacio de análisis al problema del transporte urbano en la ciudad de Córdoba, circunscripto en este caso al sector noroeste. A continuación se desarrollan las conclusiones y recomendaciones alcanzadas para cada tema desarrollado.

#### **VI.2 SOBRE GENERACION Y DISTRIBUCION DE LOS VIAJES.**

De lo desarrollado en el Capítulo II se desprende lo siguiente:

1. No ha de esperarse un crecimiento inusual o un estancamiento en la población total de la ciudad de Córdoba, los datos históricos muestran una declinación en la tasa de crecimiento, situación que resulta común a la mayoría de los núcleos urbanos del país. Para las proyecciones futuras se ha considerado una tasa de crecimiento de la población de la ciudad del orden del 0,85% anual
2. Sin embargo esta situación no es la misma para las diferentes zonas en que se ha dividido la ciudad. Los datos censales muestran crecimientos muy disímiles según la zona en cuestión, algunas con fuertes crecimientos y otras con población estancada o en decrecimiento. El crecimiento diferencial a futuro es un tema opinable, para este trabajo se han adoptado tasas de crecimiento considerando las tendencias existentes y los planes de densificación oficiales, cuidando que el crecimiento total de la ciudad coincida con la tasa prevista, ya mencionada en el apartado anterior.
3. El análisis realizado sobre el PBI de Argentina muestra una gran variabilidad en su evolución a lo largo del tiempo, con algunos períodos de sostenido y alto crecimiento y otros con fuertes caídas. Con un criterio conservador se ha adoptado hacia el futuro una tasa de crecimiento baja, pero sostenida en el tiempo. Similar criterio conservador se ha adoptado para estimar la elasticidad de los viajes con respecto al ingreso per cápita. Mayor información se requiere para poder estimar de manera más confiable la elasticidad de los viajes con el ingreso per cápita.
4. Los valores proyectados del índice de viajes por habitante muestran una tendencia de crecimiento hacia valores más cercanos a los obtenidos en países desarrollados, siendo los mismos comparables a los que se encuentran en países en similares condiciones. Se alcanzan valores de 2,2 viajes por habitante para el año 2035. En consecuencia las elasticidades y las tasas de crecimiento del P.B.I. adoptadas, pueden considerarse aceptables.
5. Para modelar la distribución de viajes a futuro, se utilizó el modelo Fratar, asumiendo que los cambios significativos en las políticas de transporte no serán relevantes a la hora de su aplicación al problema planteado, y que en todo caso los resultados obtenidos serán también conservadores. Mediante el procedimiento iterativo aplicado se alcanza razonable convergencia entre los valores futuros de generación y distribución de viajes. Según lo mencionado en el apartado 2 más arriba, la adopción de diferentes factores de crecimiento para las zonas de la ciudad, también influirían sobre la distribución de viajes.

### **VI.3 SOBRE LOS MODELOS DE PREFERENCIA DECLARADA.**

De lo desarrollado en el Capítulo III se desprende lo siguiente:

1. Se realizaron encuestas de preferencias declaradas a potenciales usuarios del futuro medio en estudio, con el objetivo de estimar modelos probabilísticos de transferencia modal, tanto para actuales viajeros de ómnibus, como de vehículos particulares. Se consideraron usuarios ubicados hasta un límite máximo de 500m a cada lado de la línea en análisis.
2. Se empleó una función de utilidad conjunta para estimar el traspaso de los usuarios de ómnibus. En la misma se estudió la inclusión de variables que tuvieran en cuenta las tarifas y tiempos de viaje de ambos medios y el tiempo de espera para ómnibus.
3. De acuerdo al modelo adoptado las variaciones en el tiempo de espera de ómnibus y en las tarifas, impactan la selección modal de manera mucho más importante que las variaciones en los tiempos de viaje. Estos resultados son coherentes con los obtenidos en las diferentes iteraciones realizadas.
4. También se empleó una función de utilidad conjunta para estimar el traspaso de los usuarios de vehículos particulares. En la misma se estudió la inclusión de variables que tuvieran en cuenta la distancia a la parada, el costo del viaje en auto y la distancia al centro.
5. De acuerdo al modelo adoptado la variable explicativa resulta ser la distancia a la parada. El comportamiento de los usuarios de vehículos particulares, está íntimamente ligado a dicha distancia de caminata, cuyo coeficiente resulta altamente significativo, es decir que el factor accesibilidad resulta determinante en la decisión del cambio de medio.
6. Los modelos obtenidos resultan adecuados en lo que respecta a las variables explicativas y signos de los coeficientes. En el caso del modelo para usuarios de ómnibus, la significancia de los coeficientes no es alta, posiblemente debido a un tamaño de muestra relativamente pequeño..

### **VI.4 SOBRE LA ASIGNACION DE VIAJES.**

El capítulo IV desarrolla escenarios donde se analizan diferentes situaciones de competencia modal entre el ómnibus y monorriel elevado, brindando la previsión de los viajes para cada uno de ellos, de esto se puede concluir que:

1. El escenario I considera total competencia modal. Además estima la demanda bajo diferentes relaciones tarifarias. Se advierte la caída de los viajes previstos en monorriel ante el aumento de la relación entre la tarifa del mismo y la del ómnibus. Para una relación de tarifas (monorriel / ómnibus) de 1,15 los viajes totales en monorriel se reducen un 26%. Para una relación de tarifas de 1,35 los viajes totales en monorriel se reducen un 39%. Corresponde consignar que están incluidos los viajes traspasados del automóvil particular, los cuales no sufren modificaciones ante la modificación de la relación de tarifas.
2. El escenario II considera que en una franja de 500m a cada lado de la línea del monorriel no hay competencia con el ómnibus. Como consecuencia todos los viajes en ómnibus en dicha franja se consideran traspasados al monorriel. Se continúa aplicando el modelo obtenido para el traspaso de usuarios de vehículos particulares. Se incrementan apreciablemente los viajes en el nuevo medio con relación al escenario I. El aumento con respecto al escenario I de tarifas iguales se encuentra en el orden del 31%.

3. El escenario III considera que, mediante la implementación de un sistema alimentador por ómnibus en las zonas más alejadas del centro (números 23, 35 y 36) la totalidad de los viajes interzonales actualmente realizados en transporte público serán efectuados en el futuro por monorriel. El incremento con respecto a los escenarios anteriores resulta por demás significativo. El aumento con respecto al escenario I de tarifas iguales se encuentra en el orden del 108% y con respecto al escenario II en el orden del 60%.
4. En todos los escenarios, para los usuarios de ómnibus, se han considerado todos los viajes en dirección al centro, a excepción de aquellos servidos por los servicios de circunvalación (líneas de ómnibus 500 y 600). Es decir que se asume que los viajes radiales con destinos ubicados pasando el centro, emplearían el monorriel. Corresponde aquí consignar que los viajes al centro y zonas antes del mismo, representan del orden del 65% del total calculado para el escenario I y del orden del 63% del total calculado para los escenarios II y III. En tanto los viajes pasantes al centro son para el escenario I son el 35% y para los escenarios II y III representan el 37%.
5. En todos los escenarios se han considerado también los viajes traspasados de los usuarios de vehículos particulares. En este caso solamente se han considerado los viajes con destino en el centro. La participación de actuales usuarios de vehículos particulares sobre el total de la demanda futura del monorraíl varía del 19% (escenario I con tarifas iguales) al 9% (escenario III).
6. Empleando datos disponibles del sistema actual de ómnibus, se ha convertido la demanda diaria en valores horarios pico. Se ha adoptado un factor del 7,3%. Se ha efectuado una validación de la metodología aplicada, calculando la demanda de viajes en ómnibus en el corredor en estudio.
7. La información obtenida en el capítulo muestra la gran importancia que revisten los actuales usuarios de ómnibus para la demanda futura del nuevo medio. La relación de tarifas y la exclusividad en zonas servidas afectan decisivamente dicha demanda.

## **VI.5 SOBRE EL DIMENSIONADO DE LA LINEA NOROESTE DEL MONORRIEL.**

De lo desarrollado en el Capítulo V se desprende lo siguiente:

1. Empleando los valores de demanda horaria calculados en el capítulo IV y adoptando como características técnicas del monorriel las correspondientes al denominado Hitachi Small, se calcularon la cantidad de vehículos necesarios (y los correspondientes intervalos de servicio) para atender los diferentes escenarios de demanda.
2. Utilizando las matrices de origen y destino de los viajes, se determinó el tramo más cargado de la línea. Se consideró una longitud total de 18 Km y una velocidad comercial de 30,8 Km/h.
3. La demanda horaria pico del año 2035 puede cubrirse con 14 vehículos (intervalo de 5 minutos) para el escenario I de tarifas iguales, con 18 vehículos (intervalo de casi 4 minutos) para el escenario II, y con 27 vehículos (intervalo del orden de 2,6 minutos) para el escenario III.
4. Al final del periodo de estudio (año 2035), y para el escenario III, se tiene una capacidad utilizada del medio del 76%. La capacidad remanente de la línea al año 2035 es del 24%. Si se asume que el crecimiento de la demanda continuara con la tendencia del último

periodo 2030 – 2035, la capacidad utilizada de línea para el año 2050, sería del 97%. A partir de este año, resultaría necesario en cambio en el tipo de móvil, pasando de un monorriel “Small” a uno del tipo “Standard”. Esto último trae aparejado modificaciones en la longitud de las estaciones, no así en vigas y pilares, los cuales pueden ser dimensionados previendo este cambio.

## VI.6 SOBRE LA PRE FACTIBILIDAD DE LA LINEA DEL MONORRIEL

De acuerdo al objetivo de la Tesis, se procede a determinar la demanda base que justifique la operación de la línea en estudio. Esto se realiza de dos maneras a saber: 1) Mediante el análisis de líneas de monorrieles en servicio, las cuales están equipadas con móviles de características de características tecnológicas similares al “Hitachi Small”, tal como capacidad y velocidad, y 2) Considerando umbrales de demanda mínima necesaria, empleando el indicador denominado Densidad de Transito.

### VI.6.1 Comparación con líneas de monorrieles en operación con características similares

A fin de homogeneizar la comparación, se calculan los valores de pasajero – día por sentido y pasajeros – día por Km. De esta forma se obtiene la tabla 6.1, donde se muestran valores de estos parámetros para distintos monorrieles en operación de características similares al propuesto.

**Tabla 6.1:** Demanda en Monorrieles en operación. (Monorail Society, [www.monorails.org](http://www.monorails.org) (Acceso año 2010)).

LÍNEA MONORRIEL	AÑO DE INICIO	PASAJEROS/DIA /SENTIDO	LONGITUD DE LA LINEA en Km.	PASAJEROS por DIA-KM
Kitakyushu	1985	31700	8.8	3602
Chiba City	1988	40000	15.5	2581
Kuala Lumpur	2003	45000	8.6	5233
Naha	2003	40000	12.8	3125
Osaka	1990	100602	23.8	4227
Seattle	1962	60280	15	4019
Shonan	1970	30000	6.6	4545

De tabla 6.1 se tiene que el promedio de pasajeros por sentido y por km de línea es del orden de 3900.

En tabla 6.2 se muestra para cada escenario la cantidad de pas-día por kilómetro y por sentido de la línea estudiada.

**Tabla 6.2:** Viajes o Pasajeros día por km y por sentido de la línea, por escenario

AÑO	VIAJES DIARIOS EN MONORRIEL /KM(Línea)		
	ESCENARIO I Rel(1:1)	ESCENARIO II	ESCENARIO III
2010	2415	3202	4889
2020	3018	3966	6235
2030	3567	4645	7520
2035	3877	5025	8254

De los valores expuestos de tabla 6.2, se concluye con lo siguiente:

El escenario I en su relación de tarifas más favorable al monorriel no alcanza el valor promedio de 3900 pasajeros – día por sentido por kilómetro de línea en ningún horizonte temporal. A su vez en el escenario II este promedio es alcanzado en el año 2020 y en el escenario III en el año 2010.

Consideran no el promedio, sino un umbral de 3000 pas – día por km sentido (del orden del promedio de los valores inferiores de la Tabla 6.1), el mismo se alcanza en el año 2020 para el Escenario I y a partir del 2010 en los Escenarios II y III.

Si solo se tuviera en cuenta la demanda diaria de los viajes al centro y zonas antes del mismo, el valor de 3900 pas – día por km sentido, solo es alcanzado en el Escenario III en el año 2020; y el valor de 3000 pas – día por km sentido en el año 2030 en el escenario II y en el año 2010 en el escenario III.

### VI.6.2 Considerando el indicador densidad de tránsito

Según Leroy W. Demery, Jr y otros (2005), el ingeniero Boris Pushkarev y otros (1982) realizaron un análisis económico considerando el nivel de tráfico como el indicador primario, específicamente empleando la densidad de tránsito expresada en pasajeros km en un día de semana por km de línea. La elección está basada en que es un indicador que refleja los beneficios y además puede calcularse razonablemente.

El estudio consideró cinco criterios relacionados con el nivel de tráfico para la elección del umbral: a) posibilidad de obtener adecuado nivel de servicio para los pasajeros (espacio en vehículo y frecuencias), b) posibilidad de alcanzar ahorros en costos de mano de obra con respecto a ómnibus, c) posibilidad de obtener ahorros de energía con respecto a las modalidades empleadas previamente, d) posibilidad de alcanzar ahorros de uso del suelo con respecto a las modalidades empleadas previamente, y e) Nivel de inversión por unidad de servicio ofrecido. Corresponde también consignar que los autores explícitamente evitan emplear la técnica costo – beneficio para la determinación del umbral, alegando la multiplicidad de supuestos que debieran emplear y la complejidad de la determinación de los factores de equivalencia necesarios.

La densidad de tránsito está dada por la ecuación 6.1.

$$\text{Densidad} = (\text{Pas-día} \times \text{distancia media recorrida}) / \text{longitud de la línea} \quad (6.1)$$

Por su parte la distancia media recorrida se calcula como la sumatoria de las distancias recorridas por cada uno de los pasajeros sobre los pasajeros – día

El estudio estableció los siguientes umbrales mínimos de densidad de tránsito que justifican la implementación de corredores para distintos tipos de transporte ferroviario en Estados Unidos de Norte América:

Para Light Rail Transit (LRT):

1. LR1, de bajo costo a nivel: 4000 pas – día de semana por km (en ambos sentidos) por km de línea.
2. LR2, con considerable separación de nivel, sin túnel: 7200 pas – día semana por km (en ambos sentidos) por km de línea.
3. LR3, con 20% de su longitud en túnel: 13600 pas – día de semana por km (en ambos sentidos) por km de línea.

Para Heavy Rail Transit (HRT):

4. RT1, Rapid Transit a sobre nivel: 15000 pas – día de semana por km (en ambos sentidos) por km de línea.
5. RT2, Rapid Transit con hasta 33% en túnel: 24000 pas – día de semana por km (en ambos sentidos) por km de línea.

- 6. RT3, Rapid Transit 100% túnel, o sea subterráneo: 29000 pas – día de semana por km (en ambos sentidos) por km de línea.

En Japón, el desarrollo de los medios automatizados y guiados durante los años 60 y 70, y su posterior crisis en los 80 (donde se decidió cerrar algunas líneas) permitió establecer criterios para la selección de distintos medios de transporte urbano basados en factores técnicos y económicos. También mediante la aplicación del indicador densidad de tránsito, Akira Nehashi (1998), ha definido el campo de aplicación para cada medio de transporte, ver figura 6.1. Para monorraíl se considera que es viable desde el punto de vista de la demanda y la condición de cubrir los costos de operación, cuando la cantidad de pasajeros – día por km (un sentido) por km de línea es igual o superior a 4000. Corresponde consignar entonces dos diferencias con respecto al estudio anterior: a) los umbrales se consignan por sentido (no para ambos sentidos) y b) se consignan para un día medio (es decir para el volumen anual dividido 365). Considerando que el volumen de un día de semana es el correspondiente al volumen anual dividido por 300 días, puede convertirse el citado umbral de 4000 pas-día en un valor equivalente de 10000 pas – día de semana por km (en ambos sentidos) por km de línea.

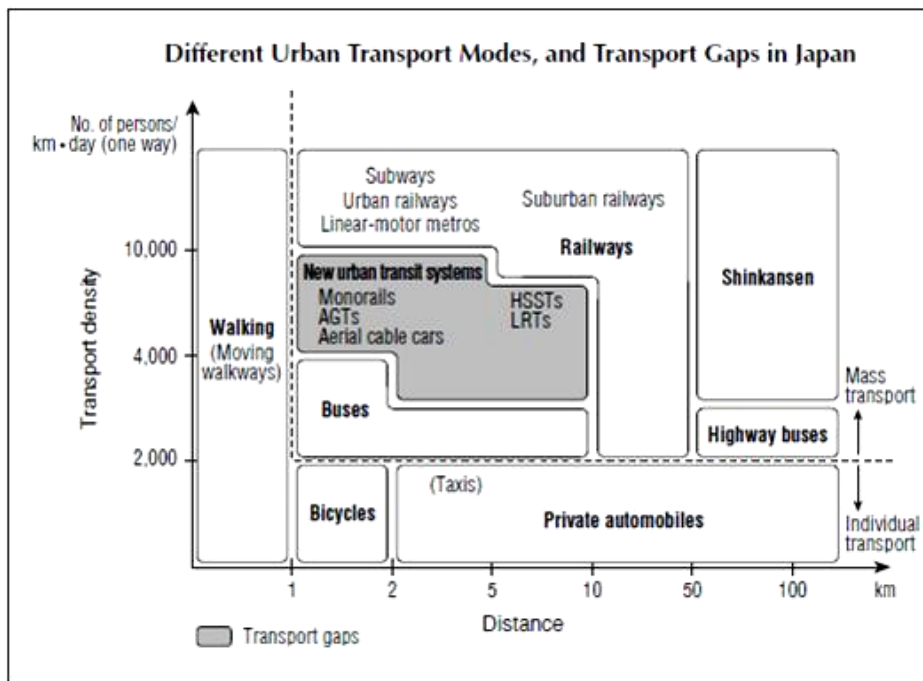


Figura 6.1: Campo de aplicación para cada medio de transporte urbano en Japón (Nehashi, 1998)

En Alemania las subsidiarias de ingeniería de cuatro de las más importantes autoridades de transporte público organizaron una firma Consultora de LRT (LRTC). El Handbook publicado en 1993 (Gerndt y otros, 1993) presenta umbrales para cuatro categorías de LRT, las tres primeras similares al tranvía y la cuarta similar al metro. Los umbrales, siempre en pas – día de semana por km (en ambos sentidos) por km de línea, son respectivamente 4000, 10000, 20000 y 30000.

Todos los estudios previamente citados están referidos en el trabajo Traffic Density Thresholds for Rail Transit: A Retrospective (Demery Jr. y otros, 2005) publicado en Publictransit.us que alienta el desarrollo del transporte público en Estados Unidos de Norte América.

En particular los umbrales propuestos por Pushkarev y otros en USA, recibieron fuertes críticas de otros autores más orientados al transporte automotor. Entre ellos Kain (1988) y Pickrell (1985), propusieron umbrales muy superiores. En términos muy generales, como mínimo duplicaron los valores correspondientes a los umbrales de Pushkarev y otros.

De lo expuesto se desprende la complejidad y diversidad de los criterios empleados para establecer umbrales mediante la densidad de tránsito.

Para el caso que nos ocupa podríamos considerar valores inferiores del orden de 7500 pas – día de semana por km (un sentido) por km de línea (correspondiente a RT1 de Pushkarev y otros) o superiores del orden de 15000 pas – día de semana por km (un sentido) por km de línea (categoría 4 alemana o duplicando el valor anterior).

Para calcular la densidad de tránsito en la línea en estudio se emplearon las matrices origen – destino ya citadas en el Capítulo IV y los viajes por segmento utilizados para el dimensionamiento en el Capítulo V. La distancia media de viaje obtenida fue del orden de 5 km para todos los escenarios.

En tabla 6.3 se muestran los valores de densidad de tránsito calculadas para todos los escenarios.

**Tabla 6.3:** Densidades de tránsito, por escenario

<b>DENSIDAD DE TRÁNSITO</b>			
<b>Pas-día de semana por km (un sentido) por km línea.</b>			
<b>AÑO</b>	<b>ESCENARIO I Rel(1:1)</b>	<b>ESCENARIO II</b>	<b>ESCENARIO III</b>
<b>2010</b>	12073	16008	24443
<b>2020</b>	15088	19828	31177
<b>2030</b>	17837	23226	37602
<b>2035</b>	19386	25125	41273

Puede advertirse que, considerando los umbrales inferiores, podría implementarse la línea a partir del año 2010 en todos los escenarios. Adoptando los umbrales superiores, los mismos se alcanzarían en el año 2020 para el escenario I y en el año 2010 para los escenarios II y III.

Si solo se tuviera en cuenta la demanda diaria de los viajes al centro y zonas antes del mismo, considerando los umbrales inferiores, nuevamente podría implementarse la línea a partir del año 2010 en todos los escenarios. Adoptando los umbrales superiores, los mismos se alcanzarían en el año 2030 para el escenario II y en el año 2010 para el escenario III.

En términos generales puede afirmarse entonces que, empleando el indicador de densidad de tránsito, el análisis de prefactibilidad de la línea desde el punto de vista de la demanda presenta resultados favorables.

Corresponde también consignar que, según ha sido descrito en el Capítulo 1, las externalidades del Transporte Público son muy importantes. Las ventajas del monorraíl elevado en términos de reducción de congestión, emisiones contaminantes y ruido resultan muy relevantes. Habiéndose esta Tesis concentrado en el estudio de la demanda, se recomienda continuar el análisis de factibilidad incluyendo el tema de las externalidades.







A1.3 MATRIZ ORIGEN – DESTINO AÑO 2020

ORIG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	39	99	Total
1	30366	32132	12292	16274	16224	7881	29101	16011	24201	7447	16215	3883	13898	18837	15129	25823	8554	24474	33174	6520	26754	14021	17807	15427	16101	10214	13087	9612	20164	14091	28311	23510	19343	30081	22303	13264	2555	660187	
2	26338	23971	2688	1147	912	440	5995	657	1653	357	4105	2608	2272	2046	458	1125	801	723	2383	1279	2305	1986	1419	988	886	0	916	533	1373	354	1131	670	776	1226	1031	1284	1422	100218	
3	13019	3345	11609	2812	903	731	2454	454	615	0	286	103	1610	6341	609	192	0	623	581	83	0	500	337	2183	639	352	761	0	1013	0	877	742	368	113	143	142	467	54881	
4	16472	1384	2708	5908	4922	1620	5387	1208	1000	350	788	183	624	3212	5935	849	393	789	1480	295	1131	709	98	440	2172	1145	112	0	539	272	1865	877	655	200	759	126	474	74058	
5	18981	880	1004	5009	18020	3863	3572	717	1618	649	682	407	359	404	362	7289	132	741	548	198	152	357	0	354	1384	2094	1054	2102	1085	456	149	735	438	403	169	169	254	53568	
7	24965	5999	2565	5399	4045	3068	8428	7907	9384	1357	2714	708	1267	2204	2555	5043	3805	8046	7539	2384	6570	2517	2440	1590	2317	2266	2612	540	7076	6056	6880	3537	33653	6897	2938	1788	856	170033	
8	16793	792	362	1127	896	324	7574	3389	3351	117	701	458	89	503	360	680	2557	2133	1032	298	792	355	299	440	378	209	338	0	360	1634	2001	1536	981	502	127	126	379	54190	
9	24031	2464	614	1276	1420	612	8688	4018	8140	1652	1389	207	607	1251	517	1347	445	3486	9146	418	1921	502	676	299	1819	708	1273	118	1222	924	2641	2358	4088	1816	859	713	644	84888	
10	7473	576	0	352	852	1573	1208	117	1855	1361	883	0	390	146	0	124	143	230	500	215	658	0	0	256	0	0	164	0	131	99	323	0	634	437	368	0	276	21154	
11	16609	4973	298	791	855	118	2832	705	1491	638	5381	200	390	878	0	464	215	517	1502	807	5908	678	1957	481	207	455	491	0	786	149	364	718	951	1861	966	137	628	56311	
12	9328	3047	208	184	409	0	710	480	208	0	200	11377	1324	573	205	281	112	180	480	337	904	1417	454	1908	0	0	385	0	0	507	250	373	229	0	0	541	36521		
13	13827	2749	1908	626	100	360	1268	90	708	260	487	1322	7740	2568	200	283	0	0	688	164	252	3056	111	3813	0	116	375	0	100	151	617	488	484	669	141	140	211	48153	
14	19439	2096	6306	2909	781	404	2197	603	1361	0	1092	570	2870	18655	337	318	245	394	428	276	987	1105	124	7021	353	280	140	521	0	339	554	1640	950	125	158	471	1417	77246	
15	12757	441	593	1998	1098	482	2656	359	912	0	0	204	199	560	3409	189	0	0	479	0	252	0	333	98	316	348	626	117	200	76	0	367	0	112	282	0	106	33396	
16	28295	1458	190	763	1792	7281	4476	594	1437	0	554	289	282	212	190	12524	207	249	633	311	595	93	1257	93	697	877	947	771	5206	287	819	462	573	422	286	133	798	74032	
17	8536	723	0	392	0	263	3788	2750	554	142	107	111	0	245	0	207	9897	1057	1361	90	0	0	121	107	345	0	274	0	548	1657	1894	1335	139	611	154	0	115	37319	
18	25295	968	619	767	526	528	7505	2051	3115	114	600	179	0	383	88	249	1058	11426	3026	0	1217	260	487	86	0	102	880	0	352	532	1412	9328	1703	960	371	0	649	76885	
19	33953	2850	673	1200	872	690	7508	1030	8818	373	1586	487	666	428	479	633	1151	2942	23242	629	2891	567	318	187	201	333	479	0	1245	580	1656	2335	5217	3096	1750	536	1413	112815	
20	6532	1485	63	296	82	99	2192	222	655	215	986	336	164	277	0	312	90	0	632	4143	2807	326	3201	162	0	96	310	0	331	63	204	101	300	921	1278	347	610	29739	
21	28056	2779	0	1356	860	152	6407	906	2044	656	5781	900	251	987	253	586	0	1219	3017	2884	17936	125	3352	124	133	292	315	283	379	191	312	154	1680	9698	3542	353	1326	97042	
22	14135	2397	388	709	493	357	2284	355	501	0	676	1411	2950	1217	0	0	261	473	326	125	7716	329	2714	312	115	248	115	0	0	612	362	240	331	279	139	835	43415		
23	18081	1592	338	289	333	0	2439	299	653	145	1952	453	111	124	334	1262	122	488	428	3358	329	7510	872	117	258	278	0	111	168	412	271	269	6891	3435	279	139	835	43415	
24	15521	1188	2289	439	885	354	1811	440	298	255	670	1888	3899	6581	98	93	107	86	188	161	124	2614	761	13742	103	341	737	0	294	688	1213	359	119	0	414	138	725	59393	
25	15619	928	635	1881	10184	1646	2187	378	1800	0	205	0	105	235	422	697	230	0	201	0	133	312	117	103	8751	2198	922	123	316	80	130	257	255	235	1037	0	555	52779	
26	9674	255	466	1142	3581	1950	2273	312	704	0	339	0	115	259	348	767	0	0	554	95	292	229	257	341	2184	12355	2318	539	580	351	143	141	0	904	163	0	244	43885	
27	12790	965	882	112	874	1204	2168	337	1648	0	610	383	373	140	827	829	274	770	358	412	315	247	277	736	790	2176	15642	873	877	379	928	610	909	279	176	175	659	51865	
28	10271	773	0	105	699	2248	270	0	0	0	0	0	0	0	0	653	117	774	0	0	147	115	0	0	123	406	876	12223	1287	89	433	0	141	0	0	326	123	32200	
29	19656	1881	910	540	701	967	7192	361	1829	131	784	0	200	0	201	5323	550	442	250	331	506	99	111	285	317	699	880	1287	10883	1996	2609	368	731	961	424	282	318	65000	
30	14665	250	0	204	302	456	6038	1702	922	89	148	0	151	339	152	287	1576	533	608	62	191	150	168	689	80	352	475	88	1518	5566	3470	833	92	423	107	0	720	43288	
31	28209	1386	1123	1556	866	149	7302	2004	1884	161	363	905	370	555	0	821	1493	1526	681	204	312	612	412	1215	130	0	776	43	3351	3946	28511	10359	451	553	897	0	1308	98884	
32	24009	1210	860	875	243	734	3523	1534	2473	0	714	124	485	1502	367	346	1202	9116	2219	100	154	362	270	359	257	141	766	142	244	1017	1207	42264	4137	544	857	0	1672	106329	
33	18756	934	244	759	804	728	3774	978	4292	629	944	483	812	0	527	132	15895	8212	299	1675	239	268	119	255	0	1059	141	606	92	598	4575	28079	1753	1359	338	1020	82414		
34	32000	1400	142	759	222	402	6563	500	1806	435	1956	227	554	125	0	527	610	979	2665	733	9531	220	6536	0	235	775	139	0	669	338	551	543	1763	31878	9883	5131	939	119770	
35	22000	1400	142	759	222	402	6563	500	1806	435	1956	227	554	125	0	527	610	979	2665	733	9531	220	6536	0	235	775	139	0	669	338	551	543	1763	31878	9883	5131	939	119770	
36	13409	1547	282	0	1259	169	1944	126	853	0	137	0	140	471	0	0	0	403	346	352	139	1706	138	0	0	175	325	281	0	0	339	5143	10191	14046	5753	59674			
99	2324	1865	426	474	211	509	977	380	643	20181	86249	35572	45028	76200	33311	73339	36071	76121	110610	25912	98113	43218	99236	58908	52867	44325	33981	32553	94550	42778	96973	107865	11622	707	1187	5760	334	33243	
	652694	94148	54320	88323	82335	54138	167830	54109	94594	20181	86249	35572	45028																										

A1.4 MATRIZ ORIGEN – DESTINO 2030

ORIG	DESTINOS																												Total Gral														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29	30	31	32	33	34	35	36	39					
1	36278	38331	13949	17591	20514	9452	34946	17081	27536	8771	19331	10228	15551	21426	14881	26944	10180	25533	36586	16886	31649	15701	29337	17290	16593	12401	16493	11588	22883	13756	35240	29138	23938	35033	29763	17640	2269	767888					
2	28276	25774	27229	11111	926	491	6058	483	137	644	689	2349	813	2460	2005	1506	986	302	0	1042	578	1383	488	1271	790	867	1288	1243	1543	1722	1060687												
3	14896	3798	12537	2875	866	960	2805	461	686	0	374	110	1725	8863	657	204	0	626	610	91	0	533	377	2328	703	407	913	0	1085	0	1039	876	434	125	181	180	473	630519					
4	17690	1483	2762	9471	4981	1800	5814	1158	1022	371	768	185	632	3283	6046	858	420	748	1447	272	1203	713	105	443	2255	1221	0	545	239	1864	977	727	210	912	151	495	74444						
5	21957	988	1073	5068	19104	4614	4040	720	1732	720	714	431	105	3957	1175	2093	245	436	794	79	981	520	368	723	19625	4238	1187	790	953	269	724	285	705	244	353	1403	231	509844					
6	10130	491	953	1797	5033	14788	3451	358	860	1806	135	0	418	475	424	8443	162	908	394	210	165	413	0	410	1663	2628	1373	2811	1281	460	191	941	950	468	233	231	305	65992					
7	30019	7200	2929	5337	4583	3816	10185	8490	10746	1608	3037	802	1436	2522	2914	3689	4557	8547	8368	2460	7623	2636	2686	1793	2693	2794	3314	654	8012	5950	8621	4414	4552	8191	3950	2266	1002	197653					
8	17692	843	396	1081	900	358	8715	3228	3602	123	896	489	0	510	384	690	2716	2009	1015	271	837	355	314	440	390	226	390	0	361	1423	2223	1688	1083	521	151	150	394	56272					
9	27535	2789	663	1306	1522	720	9933	4081	8809	2077	1470	222	650	1305	980	1437	504	3503	9603	408	2164	535	757	319	2000	818	1527	136	1308	859	3130	2783	4793	2013	1091	903	712	105240					
10	8813	679	0	373	725	1919	1432	124	2081	1582	980	0	434	164	0	137	168	238	545	218	769	0	0	284	0	0	203	0	0	145	95	397	0	774	502	484	0	316	24581				
11	18497	5529	313	793	719	136	3171	701	1580	701	5557	210	410	931	0	485	238	509	1544	772	6404	708	2145	502	222	515	577	0	459	0	0	597	293	436	252	0	594	38847					
12	10424	3431	221	186	435	0	805	464	223	0	210	12091	1408	616	220	308	126	180	511	327	1010	1498	505	2019	0	0	0	0	0	0	106	139	726	571	566	736	177	176	231	50500			
13	15568	3093	2043	635	106	420	1436	90	760	289	511	1404	6223	2756	214	300	0	696	159	281	3228	123	1438	0	133	446	0	133	446	0	106	139	726	571	566	736	177	176	231	50500			
14	22092	2378	6806	2972	837	475	2508	612	1472	0	1155	610	2660	20182	363	339	277	395	449	270	1111	1177	139	7484	388	300	168	597	0	315	656	1934	1119	138	200	596	1568	64942					
15	14443	498	541	6022	1171	564	3023	363	983	0	217	212	603	3681	201	0	500	0	283	0	113	104	346	401	748	133	214	70	0	431	0	123	357	0	116	36700							
16	29427	1629	202	768	1890	8429	5035	594	1530	0	977	305	298	225	201	13149	231	247	654	299	660	98	1385	97	754	988	1118	868	5496	262	954	536	664	460	333	165	869	81395					
17	10147	658	0	419	0	324	4526	2919	627	167	118	125	0	277	0	394	88	247	1110	10639	2844	0	1270	257	505	85	0	142	120	397	0	343	0	613	1609	2346	1647	163	707	205	0	134	43339
18	26961	1018	619	746	522	576	7890	1930	3124	119	988	178	0	394	88	247	1110	10639	2844	0	1270	257	505	85	0	142	120	397	0	343	0	613	1609	2346	1647	163	707	205	0	134	43339		
19	37988	3244	705	1188	584	787	8312	1014	9241	405	1626	506	691	449	501	654	1283	2363	23831	595	3153	585	345	194	214	373	556	0	109	978	0	349	458	1551	10200	1860	1007	437	0	665	79185		
20	6709	1492	81	273	80	106	2263	204	572	217	924	326	159	271	0	301	92	0	589	3652	2854	314	3236	196	0	100	336	0	320	52	210	522	1900	2669	5953	3323	2154	658	1514	121071			
21	30819	3283	0	1443	981	186	7618	967	2300	765	6385	1003	280	1112	284	862	0	1274	3284	2653	21000	138	3900	137	152	351	393	349	422	185	384	189	2057	11170	4672	484	397	609	29726				
22	15835	2680	423	714	521	414	2571	355	534	0	704	1488	314	1298	0	0	258	489	313	138	8100	363	2852	338	131	293	130	0	0	714	421	279	362	349	173	911	47268						
23	21276	1872	375	316	369	0	2885	315	630	168	2138	503	123	139	373	1393	143	508	462	3325	3911	363	8992	963	133	308	345	0	123	162	505	331	328	7665	4506	2236	1340	69225					
24	17379	1328	2412	442	722	410	2038	440	318	282	698	2001	4114	7014	104	97	120	85	194	155	137	2743	839	14430	112	389	871	0	310	611	1416	418	138	0	519	172	790	64247					
25	18024	1089	696	2056	11073	1965	2537	390	1756	0	221	0	114	259	462	755	265	0	215	0	151	337	132	112	9761	2578	1123	142	343	75	157	308	305	264	1337	0	623	58904					
26	11729	309	537	1245	4091	2446	2771	338	812	0	382	0	132	299	401	872	0	620	98	350	260	306	388	2571	15216	2962	657	662	348	181	178	0	1067	220	0	288	52736						
27	16099	1214	1055	127	1036	1567	2744	379	1974	0	715	454	443	168	750	978	344	856	417	445	392	292	343	870	361	2781	20735	1104	1039	390	1216	796	183	341	246	244	806	65506					
28	22134	2115	973	547	744	1127	8138	363	1745	145	822	0	212	0	215	5623	617	439	1299	320	564	105	123	312	345	800	1046	1459	11517	1470	3062	430	853	615	534	353	348	71515					
29	14310	244	0	179	278	460	592	1483	856	95	134	0	139	315	141	263	1532	460	457	52	185	137	161	612	75	349	488	87	1354	4440	3529	844	93	403	117	0	684	40916					
31	35117	1699	1328	1742	1015	182	9138	2228	2232	188	420	593	434	658	0	959	1852	1678	1809	218	385	715	505	1420	157	0	1018	542	3928	4015	36864	1367	951	670	988	0	1562	118425					
32	29721	1497	1011	975	284	939	4385	1896	1913	0	823	145	567	171	431	402	1483	9970	2536	107	188	420	329	417	307	178	956	177	285	1030	1555	54601	52939	655	1181	0	2011	131285					
33	23175	1153	286	844	704	930	4888	1090	5046	766	1086	575	561	956	0	664	163	1742	560	732	10959	240	7468	0	263	914	170	0	732	321	666	654	2106	39029	12516	6008	1059	138845					
34	35294	1589	248	627	243	483	7870	519	1997	498	2116	249	608	138	0	575	706	1005	2860	732	10959	240	7468	0	263	914	170	0	732	321	666	654	2106	39029	12516	6008	1059	138845					
35	29347	1898	180	912	530	0	3716	302	1088	481	1195	0	177	201	538	334	205	438	2161	14613	349	4902	520	1530	221	247	0	532	233	724	0	0	465	6633	14994	20685	7459	81861					
36	17626	2058	357	0	1578	232	2601	150	1078	0	169	0	175	597	0	0	0	494	395	463	173	2227	172	0	0	244	434	352	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
99	2700	2165	470	496	231	611	1141	394	711	315	892	591	346	1571	117	763	268	763	1302	607	1376	911	1337	762	500	269	808	143	463	609	1580	1862	1384										

A1.5 MATRIZ ORIGEN – DESTINO 2035

ORIG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	Total Gral
1	39456	41684	14800	18158	21675	10388	38113	17588	26203	9483	18936	10809	16545	22760	19778	30523	11057	26424	36281	6738	34282	16550	22602	18322	19602	13610	16437	12626	23958	13523	39148	32259	26520	37645	34238	20260	3102	825508																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
2	29325	28630	2751	1090	930	516	6277	617	1916	380	4107	2657	2317	2117	472	1138	665	669	2334	1133	2532	2008	1545	2987	917	0	1108	601	1388	455	1341	790	913	1316	1361	1688	1760	108762																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
3	15727	4032	12888	2898	883	930	2987	464	680	0	322	114	1781	7120	680	210	0	625	623	80	548	398	2397	735	437	997	0	1119	0	1128	948	470	132	204	202	497	63376																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4	16256	1530	2780	3274	4993	1891	6016	1131	1029	381	785	165	634	3309	6081	856	433	726	1438	260	1236	713	108	443	2290	1303	135	0	546	222	1985	1028	764	214	966	185	505	74620																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
5	22561	1044	1106	5981	19606	4981	4280	720	1786	757	728	143	108	997	1210	2144	258	433	806	78	1032	532	386	740	11047	4518	1289	839	978	199	781	306	759	255	395	1566	241	94558																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
6	11208	543	920	1888	5408	16663	3629	374	929	2096	144	0	450	513	468	9008	179	841	419	215	204	443	0	440	1811	2533	1561	2501	1355	460	216	1060	500	530	273	270	331	71556																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
7	32758	7857	3117	6045	4658	4239	11145	3761	11447	1746	3200	851	1523	2688	3100	4966	8773	8780	2488	6503	2999	3130	1897	2892	3077	3719	717	5491	5868	9611	4911	5062	8934	4563	2763	1081	21479																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
8	19405	866	367	1054	899	374	8366	3136	3615	126	691	459	91	512	365	678	2788	1942	1004	258	857	353	320	439	394	234	401	0	361	1322	2334	1781	1135	530	164	163	400	57184																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
9	29029	2972	687	1315	1570	778	10577	4098	9131	2193	1508	229	671	1405	1025	1480	535	3499	9608	402	2289	551	798	328	2091	877	1667	145	1349	825	3395	3013	5186	2112	1226	1013	748	110525																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
10	9532	734	0	383	761	212	1553	126	2197	1701	1024	0	456	174	0	144	182	244	567	218	828	0	0	297	0	0	228	0	0	228	0	153	93	439	0	852	537	553	0	338	26424																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
11	18441	5811	321	791	734	145	3341	697	1821	732	5639	214	418	956	0	494	250	503	1561	752	6704	721	2238	512	230	546	623	0	841	129	453	889	1175	2097	1338	189	932	64039																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
12	11030	3630	228	187	447	0	854	464	230	0	215	12427	1448	636	227	316	133	179	519	320	1065	1535	531	2071	0	0	489	0	0	645	316	471	264	0	0	622	41508																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
13	16487	3270	2107	637	109	453	1523	90	784	304	522	1442	8451	2847	221	307	0	708	156	296	3308	128	4242	0	142	485	0	109	133	784	615	610	769																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

**ANEXO II****RESULTADOS DE ENCUESTAS DE PREFERENCIAS DECLARADAS****A2.1 ENCUESTA MONORRIEL VS OMNIBUS**

De acuerdo a lo descrito en punto III.2.1, se tiene para cada sector en tablas A2.1, A2.2 y A2.3 las elecciones positivas para ómnibus y monorriel respectivamente.

**Tabla A2.1:** Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 8 Km. del centro (Sector 1).

FACTORES DE OMNIBUS			FACTORES DE MONORRIEL		ELECCION	
Tarifa (\$)	Tiempo de espera en minutos	Tiempo de Viaje en minutos	Tarifa (\$)	Tiempo de Viaje en minutos	OMNIBUS	MONORRIEL
1	7.5	13	1	7	14	26
1.3	5	13	1.5	7	27	13
1.3	5	13	1.75	7	31	9

**Tabla A2.2:** Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 8 a 14Km. del centro (Sector 2).

FACTORES DE OMNIBUS			FACTORES DE MONORRIEL		ELECCION	
Tarifa (\$)	Tiempo de espera en minutos	Tiempo de Viaje en minutos	Tarifa (\$)	Tiempo de Viaje en minutos	OMNIBUS	MONORRIEL
1	7.5	35	1	18	12	28
1.3	5	35	1.5	18	18	22
1.3	5	35	1.75	18	21	19

**Tabla A2.3:** Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 14 a 20 Km. del centro (Sector 3).

FACTORES DE OMNIBUS			FACTORES DE MONORRIEL		ELECCION	
Tarifa (\$)	Tiempo de espera en minutos	Tiempo de Viaje en minutos	Tarifa (\$)	Tiempo de Viaje en minutos	OMNIBUS	MONORRIEL
1	7.5	53	1	28	4	36
1.3	5	53	1.5	28	12	28
1.3	5	53	1.75	28	19	21

## A2.2 ENCUESTA MONORRIEL VS AUTOMOVIL PARTICULAR

Según lo establecido en punto III.2.2, se tiene para cada sector en tablas A2.4, A2.5 y A2.6 las elecciones positivas para automóvil particular y monorriel respectivamente.

**Tabla A2.4:** Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 8 Km. del centro (Sector 1)

FACTOR DE MONORRIEL	FACTOR DE AUTO	ELECCION	
Dist. A parada del Monorriel	Costo Combustible (\$)	AUTO	MONORRIEL
<200 m	0.8	12	28
200 a 400 m	0.8	16	24
>400m	0.8	32	8

**Tabla A2.5:** Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 8 a 14Km. del centro (Sector 2).

FACTOR DE MONORRIEL	FACTOR DE AUTO	ELECCION	
Dist. A parada del Monorriel	Costo Combustible (\$)	AUTO	MONORRIEL
<200 m	1.1	17	23
200 a 400 m	1.1	20	20
>400m	1.1	33	7

**Tabla A2.6:** Resultado de encuesta para usuarios que viven en un radio de 14 a 20 Km. del centro (Sector 3).

FACTOR DE MONORRIEL	FACTOR DE AUTO	ELECCION	
Dist. A parada del Monorriel	Costo Combustible (\$)	AUTO	MONORRIEL
<200 m	1.7	16	24
200 a 400 m	1.7	19	21
>400m	1.7	27	13

**ANEXO III**

**MATRICES PORCENTUALES**

**A3.1. MATRIZ PORCENTUAL PARA MEDIOS MASIVOS**

ORIG	DESTINOS																																																																																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	99																																																														
1	1.00	0.46	0.56	0.52	0.54	0.50	0.39	0.35	0.46	0.52	0.55	0.64	0.61	0.67	0.67	0.72	0.44	0.69	0.53	0.79	0.54	0.76	0.69	0.75	0.81	0.60	0.57	0.81	0.64	0.51	0.72	0.69	0.74	0.46	0.50	0.76	0.73																																																														
2	0.42	1.00	0.07	0.07	0.50	0.50	0.58	0.13	0.40	0.33	0.28	0.29	0.20	0.20	0.40	0.54	0.33	0.24	0.15	0.41	0.38	0.55	0.78	0.38	0.80	0.47	0.25	0.70	0.17	0.43	0.08	0.25	0.30	0.41																																																																	
3	0.50	0.03	0.00	0.13	0.13	0.00	0.48	0.60	0.67	0.00	0.33	0.00	0.25	0.32	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.33	0.64	1.00	0.33	0.67	0.00	0.10	0.00	0.29	0.50	0.33	0.00	1.00	0.00	0.00																																																																
4	0.47	0.14	0.13	0.04	0.16	0.07	0.58	0.60	0.36	0.33	0.22	1.00	0.29	0.47	0.11	0.50	0.50	0.65	0.25	0.70	0.75	0.00	0.60	0.74	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.50	0.33	0.50	0.50	1.00	0.80																																																															
5	0.55	0.25	0.10	0.16	0.12	0.06	0.61	0.13	0.44	0.00	0.57	0.00	0.00	0.13	0.18	0.29	1.00	0.80	0.36	1.00	0.57	0.60	1.33	0.71	0.17	0.26	0.00	0.50	0.33	0.33	0.20	0.00	1.00	0.50	0.50																																																																
6	0.47	1.00	0.00	0.07	0.14	0.11	0.45	0.33	0.17	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.22	1.00	0.43	0.67	0.50	0.00	0.67	0.00	1.00	0.18	0.47	0.71	0.80	0.11	0.20	1.00	0.60	0.33	0.33	0.00	1.00	0.50																																																															
7	0.30	0.55	0.55	0.60	0.71	0.36	0.11	0.12	0.55	0.56	0.75	1.00	0.73	0.76	0.73	0.54	0.20	0.65	0.51	0.80	0.64	0.77	0.89	0.93	0.58	0.53	0.33	0.50	0.44	0.38	0.32	0.64	0.73	0.57	0.56	1.00	0.71																																																														
8	0.36	0.00	0.50	0.57	0.10	0.33	0.12	0.02	0.23	0.00	0.25	0.20	1.00	0.20	1.00	0.13	0.15	0.52	0.08	0.75	0.14	1.00	0.00	0.80	0.75	1.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.50	0.57	0.44	0.80	0.00	0.00	0.75																																																														
9	0.33	0.38	0.87	0.38	0.64	0.20	0.57	0.16	0.10	0.14	0.38	0.00	0.50	0.81	0.67	0.50	0.75	0.48	0.19	0.40	0.33	0.60	0.33	1.00	0.82	0.50	0.30	1.00	0.33	0.25	0.38	0.32	0.81	0.50	0.33	1.00	0.50																																																														
10	0.56	0.25	0.00	0.33	0.00	0.50	0.63	0.00	0.21	0.00	0.00	0.67	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.67	0.50	0.00	1.00																																																															
11	0.55	0.24	0.33	0.44	0.57	1.00	0.72	0.13	0.33	0.00	0.14	0.00	0.25	0.13	0.00	0.60	1.00	0.77	0.19	0.20	0.21	0.29	0.44	0.80	1.00	1.25	0.50	0.00	0.50	0.60	0.87	0.00	0.13	0.29	0.57	0.00	1.00																																																														
12	0.66	0.33	0.00	1.00	0.00	1.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.24	0.23	0.20	0.00	0.67	0.00	1.00	0.00	0.00	0.14	0.43	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.67	0.50	0.00	0.40																																																														
13	0.62	0.16	0.21	0.14	0.00	0.33	0.64	1.00	0.29	1.00	0.20	0.15	0.06	0.09	0.00	1.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.26	1.00	0.30	0.00	1.00	0.00	0.00	2.00	0.50	0.80	0.25	0.50	0.00	0.00	0.00	1.00																																																															
14	0.63	0.29	0.29	0.52	0.14	0.00	0.71	0.17	0.75	0.00	0.20	0.20	0.08	0.05	0.33	0.33	0.50	0.75	0.00	0.00	0.29	0.40	1.00	0.17	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.58	0.67	1.00	0.00	1.00	0.25																																																														
15	0.64	0.25	0.00	0.11	0.18	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.50	0.00	0.67	0.00	0.00	0.33	0.20	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																														
16	0.70	0.43	1.00	0.44	0.26	0.20	0.54	0.14	0.47	1.00	0.00	0.67	1.00	0.50	1.00	0.06	0.00	0.00	0.27	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.13	0.43	0.18	0.00	0.29	0.00	0.40	0.25	0.50	0.00	0.75																																																														
17	0.37	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.13	0.07	0.40	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.33	0.00	0.00	0.20	0.05	0.21	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00																																																														
18	0.57	0.50	0.00	0.40	0.67	0.20	0.68	0.50	0.40	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	1.00	0.67	0.00	0.07	0.17	0.00	0.27	0.00	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.38	0.21	0.19	0.30	0.00	0.60	0.43																																																														
19	0.53	0.32	0.71	0.73	0.33	0.67	0.46	0.08	0.22	0.33	0.24	0.60	0.43	0.00	0.40	0.44	0.36	0.11	0.06	0.25	0.29	0.83	0.67	1.50	1.00	0.33	0.75	0.00	0.84	0.63	0.71	0.53	0.42	0.38	0.31	0.25	0.71																																																														
20	0.76	0.25	0.00	0.25	1.00	0.00	0.65	0.67	0.29	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.25	0.13	0.15	0.50	0.11	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.25	1.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.18	0.33	0.43																																																															
21	0.52	0.05	0.00	0.67	0.57	0.00	0.61	0.13	0.38	0.75	0.23	0.14	0.00	0.29	0.50	0.60	0.00	0.27	0.24	0.16	0.10	0.00	0.28	1.00	1.00	0.50	0.00	0.50	0.67	1.00	0.00	0.27	0.06	0.40	0.50	0.00																																																															
22	0.70	0.36	0.25	0.75	0.20	0.67	0.80	1.00	0.60	0.00	0.29	0.43	0.23	0.55	0.00	0.00	0.00	0.80	0.50	0.00	0.11	0.67	0.18	0.33	1.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.67	1.00	0.33	0.50	0.00	0.00	0.38																																																															
23	0.72	0.38	0.33	0.00	1.33	0.00	0.84	0.00	0.40	0.00	0.44	0.00	1.00	1.00	0.67	0.25	1.00	0.80	0.50	0.08	0.29	0.33	0.16	0.38	1.00	0.50	0.00	0.00	0.50	0.67	1.00	0.00	0.11	0.18	0.09	0.90																																																															
24	0.78	0.55	0.48	0.40	0.71	1.00	0.94	0.80	1.00	0.00	0.71	0.47	0.30	0.17	0.00	0.00	1.00	0.00	0.50	0.00	0.26	0.29	0.07	1.00	1.00	0.33	0.00	0.67	0.67	0.70	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86																																																															
25	0.81	0.63	1.00	0.67	0.19	0.23	0.61	0.75	0.80	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	1.00	0.00	1.00	0.33	1.00	0.00	0.33	1.00	1.00	0.01	0.17	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																															
26	0.49	1.00	0.25	0.73	0.35	0.50	0.53	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.40	0.00	0.50	1.50	0.50	1.00	0.17	0.04	0.13	0.25	0.20	0.50	0.00	2.00	0.00	0.43	1.00	0.00	0.00	0.50																																																															
27	0.53	0.14	0.57	0.00	0.00	0.75	0.27	0.00	0.31	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.40	0.14	0.00	0.23	0.33	0.25	0.00	0.50	0.00	0.17	0.33	0.13	0.03	0.17	0.29	0.00	0.80	0.25	0.33	0.00	1.00	2.00	1.00																																																														
28	0.76	0.63	0.00	0.00	0.50	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.04	0.18	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																															
29	0.61	0.47	0.11	0.00	0.43	0.13	0.50	0.25	0.56	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.50	0.18	0.00	0.20	0.62	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00	0.14	0.09	0.07	0.10	0.24	0.33	0.17	0.40	0.33	0.50	0.00																																																													
30	0.44	0.67	0.00	0.00	0.50	0.20	0.38	0.24	0.08	0.00	0.50	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.25	0.57	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.67	1.00	0.75	0.20	1.00	0.15	0.03	0.35	0.22	0.00	0.00	0.00	0.66																																																															
31	0.71	0.70	0.22	0.71	0.14	1.00	0.45	0.39	0.67	0.00	0.67	0.50	1.00	0.00	0.29	0.18	0.36	0.57	0.00	0.50	1.00	0.67	0.70	1.00	0.00	0.40	0.00	0.22	0.43	0.05	0.14	0.33	0.25	0.25	0.00	0.10																																																															
32	0.68	0.22	0.67	0.63	0.50	0.60	0.56	0.57	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.33	0.00	0.22	0.25	0.32	0.00	0.00	0.67	1.00	1.67	1.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.16	0.00	0.10	0.11	0.00	0.00	0.54																																																															
33	0.73	0.29	0.00	0.29	0.20	0.20	0.78	0.44	0.63	0.25	0.00	0.75	0.75	0.83	0.00	0.20	0.20	0.40	0.00	0.27	1.00	0.00	1.00	0.50	0.00	0.29	0.00	0.20	0.20	0.25	0.10	0.22	0.08	0.25	1.00	0.25																																																															
34	0.46	0.00	0.50	0.33	0.00	0.33	0.55	0.80	0.44	0.67	0.39	0.50	0.20	1.00	0.00	0.60	0.40	0.30	0.40	0.00	0.04	0.50	0.11	0.00	1.00	0.67	0.00	0.00	0.33	0.00	0.25	0.00	0.08	0.06	0.27	0.76	0.00																																																														
35	0.48	0.22	1.00	0.50	1.00	0.00	0.63	0.00	0.33	1.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.38	0.18	0.40	0.50	0.17	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.33	0																																																																				







A4.1.2. Relación de Tarifas (1:1,15)

Matriz reducida 2010 para monorriel con competencia del bus (relacion)																																						
ORIG	DESTINOS																																Total Gral.					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		33	34	35	36	
1	7649	0	0	28	177	65	992	28	0	37	0	0	147	131	59	197	61	111	0	0	0	0	0	0	0	175	213	0	99	129	208	52	232	33	98	0	0	10321
2	1854	0	0	36	0	0	212	209	0	0	0	0	77	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	2654	
11	4802	322	31	115	123	34	588	29	154	0	0	0	31	34	0	88	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	261	121	63	165	0	0	89	0	0	7286	
20	2662	139	0	34	36	0	590	89	73	0	108	0	0	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	154	0	0	41	0	36	32	0	0	4166	
21	7874	35	0	279	148	0	1086	35	224	139	0	38	0	82	37	106	0	104	0	0	0	0	0	0	0	0	237	37	38	40	0	41	75	0	83	0	0	10740
22	4129	235	31	174	31	68	533	117	83	0	0	0	205	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	85	152	32	33	34	0	172	68	68	0	0	6394	
23	7522	250	53	0	209	0	909	0	105	0	416	0	52	56	105	150	54	197	103	142	441	52	0	0	0	46	117	116	0	0	46	117	116	0	0	0	11702	
34	11671	0	52	97	0	57	1563	195	363	128	358	53	51	57	0	147	107	0	504	0	188	51	0	0	106	222	0	0	103	0	58	0	57	0	0	16186		
35	8348	128	67	189	201	0	653	0	135	167	198	0	0	0	0	64	0	0	328	121	643	67	265	0	276	72	75	0	67	0	75	0	148	1157	0	0	13465	
36	6014	208	145	0	362	79	863	0	437	0	0	0	241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	87	0	77	71	0	0	162	0	145	0	0	12039	
	62727	1318	378	953	1287	514	7987	473	1963	471	1082	91	359	852	201	858	286	412	1126	329	1366	304	1079	711	781	689	455	204	635	129	805	217	607	3216	1203	0	95685	
Matriz reducida 2020 para monorriel con competencia del bus (rela)																																						
ORIG	DESTINOS																																Total Gral.					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		33	34	35	36	
2	8786	0	0	29	192	77	1145	29	0	42	0	0	159	143	64	212	70	113	0	0	0	0	0	0	0	188	236	0	120	149	224	48	277	39	116	0	0	12459
10	2455	0	0	41	0	0	275	264	0	0	0	0	91	51	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	55	0	0	3333		
11	5816	416	35	123	137	41	714	31	174	0	0	0	34	38	0	97	75	0	0	0	0	0	0	0	0	68	304	135	72	199	0	0	85	0	42	0	0	8637
20	2918	165	0	34	37	0	650	87	76	0	110	0	0	0	0	71	0	0	72	0	74	166	0	0	0	0	47	0	38	28	0	0	0	0	0	4554		
21	9923	49	0	316	176	0	1376	40	268	172	0	45	0	99	44	125	0	116	0	0	0	0	0	0	0	263	43	46	51	0	51	88	0	109	0	0	0	13433
22	4926	305	35	186	35	83	640	124	105	0	0	0	232	0	0	0	133	0	0	0	0	0	0	0	77	170	36	40	43	40	0	214	85	84	0	0	7593	
23	9438	342	62	0	247	0	1146	0	126	0	484	0	62	69	124	176	68	218	119	153	547	61	0	182	65	72	0	0	47	153	151	0	415	0	0	14828		
34	14451	0	61	108	0	72	1946	216	427	156	411	61	60	67	0	171	132	0	576	0	227	59	0	0	127	279	0	0	120	0	74	0	73	0	0	19874		
35	11874	198	90	242	269	0	934	0	182	234	263	0	0	0	85	0	0	430	148	904	89	398	0	378	104	112	0	90	0	111	0	217	1598	0	0	18950		
36	8821	320	195	0	483	116	1230	0	588	0	0	0	325	0	0	0	0	80	122	0	107	95	0	0	242	0	194	0	0	0	234	2366	1893	0	0	17109		
	79107	1795	478	1079	1576	666	10045	507	1946	604	1268	106	406	1025	233	961	345	447	1329	381	1799	351	1946	613	961	745	622	241	755	124	1024	275	821	4379	1893	0	120471	
Matriz reducida 2030 para monorriel con competencia del bus (rela)																																						
ORIG	DESTINOS																																Total Gral.					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		33	34	35	36	
2	9466	0	0	28	194	86	1240	28	0	44	0	0	161	147	66	214	75	107	0	0	0	0	0	0	0	190	246	0	137	162	228	43	311	44	130	0	0	13346
10	2895	0	0	44	0	0	336	313	0	0	0	0	101	57	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	0	68	0	0	0	0	3933		
11	6477	463	37	123	144	48	799	31	184	0	0	0	36	41	0	102	83	0	0	0	0	0	0	0	71	334	141	78	225	0	0	99	0	48	0	0	9562	
20	2997	170	0	31	36	0	671	62	74	0	105	0	0	0	0	68	0	0	68	0	0	0	0	0	0	51	0	36	24	0	0	0	0	0	0	0	4632	
21	11737	57	0	337	196	0	1636	42	302	201	0	50	0	111	50	139	0	122	0	0	0	0	0	0	341	48	53	61	0	61	88	0	134	0	0	0	15777	
22	5919	341	37	187	36	97	720	124	112	0	0	0	248	0	0	0	137	0	0	0	0	0	0	85	178	39	46	51	46	0	250	98	98	0	0	6449		
23	11106	402	70	0	274	0	1356	0	141	0	530	0	68	78	139	194	80	227	129	155	637	88	0	201	74	86	0	0	45	188	165	0	475	0	0	16906		
34	16794	0	67	113	0	87	2274	224	472	179	444	67	66	75	0	186	153	0	618	0	261	65	0	142	329	0	132	0	90	0	87	0	0	0	0	22925		
35	15839	265	115	291	338	0	1254	0	231	307	326	0	0	0	106	0	0	530	169	1192	111	521	0	488	141	157	0	113	0	154	0	299	2069	0	0	25016		
36	11328	426	246	0	605	160	1645	0	744	0	0	0	412	0	0	0	0	0	91	160	0	140	119	0	0	337	0	243	0	0	321	3051	2785	0	0	22812		
	94157	2123	572	1159	1825	813	19098	511	2260	731	1406	117	433	1188	254	1058	391	455	1482	415	2249	386	1588	877	1120	888	805	269	850	112	1226	327	1051	5595	2785	0	143358	
Matriz reducida 2035 para monorriel con competencia del bus (rela)																																						
ORIG	DESTINOS																																Total Gral.					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		33	34	35	36	
2	9782	0	0	27	195	90	1285	27	0	45	0	0	162	148	66	215	78	104	0	0	0	0	0	0	190	250	0	145	168	228	40	329	46	137	0	0	13759	
10	3131	0	0	45	0	0	370	340	0	0	0	0	106	61	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	75	0	0	0	0	4256		
11	6908	486	37	123	147	51	842	30	189	0	0	0	37	42	0	104	88	0	0	0	0	0	0	72	348	143	80	239	0	0	106	0	51	0	0	0	10024	
20	3023	171	0	30	35	0	678	59	73	0	102	0	0	0	67	0	0	66	0	0	0	0	0	0	367	50	57	67	0	66	104	0	149	0	0	0	4652	
21	12712	62	0	346	207	0	1777	43	319	216	0	53	0	118	52	146	0	124	0	0	0	0	0	0	368	57	67	0	66	104	0	149	0	0	0	0	17034	
22	5818	360	38	188	37	104	761	124	115	0	0	0	255	0	0	0	139	0	0	0	0	0	0	89	182	41	49	56	48	0	269	108	105	0	0	0	8883	
23	11995	434	74	0	288	0	1468	0	146	0	553	0	72	82	146	203	86	230	134	155	685	71	0	211	79	94	0	0	44	207	203	0	907	0	0	18168		

**A4.1.3. Relación de Tarifas (1:1,35)**

Matriz reducida 2010 para monorriel con competencia del bus (relacion)																																					
DESTINOS																																					
ORIG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	Total Gral.
2	6581	0	0	19	121	44	680	19	0	25	0	101	90	40	135	42	76	0	0	0	0	0	0	0	0	120	146	68	89	142	35	139	22	67	0	0	8824
10	1589	0	0	25	0	145	143	0	0	0	0	53	29	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	2069
11	4062	221	21	79	84	23	410	20	106	0	0	21	23	0	60	44	0	0	0	0	0	0	0	42	179	83	43	113	0	0	0	47	0	23	0	0	5705
20	2111	102	0	25	27	0	433	51	54	0	79	0	0	0	51	0	52	0	0	0	0	53	113	0	0	30	0	0	0	27	23	0	0	0	0	3229	
21	6689	24	0	192	102	0	745	24	154	95	0	26	0	57	25	73	0	72	0	0	0	162	25	26	27	0	28	51	0	0	57	0	0	0	0	8654	
22	3217	161	21	119	21	46	366	80	64	0	0	0	0	141	0	0	83	0	0	0	45	104	22	24	23	24	23	0	0	118	47	47	0	0	0	4770	
23	6190	183	40	0	161	0	698	0	81	0	320	0	40	45	80	115	42	151	79	109	339	40	0	119	41	43	0	0	35	90	89	0	26	1	0	9396	
34	10218	0	39	74	0	43	1187	148	275	98	272	40	39	43	0	112	81	0	383	0	141	38	0	0	80	168	0	0	79	0	44	0	43	0	0	13646	
35	7433	103	54	152	162	0	527	0	109	135	161	0	0	0	51	0	264	98	519	54	229	0	222	58	60	54	0	54	0	60	119	93	0	0	0	11559	
36	5152	171	120	0	299	66	713	0	361	0	0	0	0	199	0	0	0	0	54	72	0	0	134	0	134	0	120	0	0	132	1420	993	0	0	0	10129	
	53233	976	296	685	977	368	5903	342	1202	353	832	66	254	627	146	622	209	299	861	261	1070	228	792	510	581	433	346	140	473	94	575	159	461	2615	993	0	77981
Matriz reducida 2020 para monorriel con competencia del bus (rela)																																					
DESTINOS																																					
ORIG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	Total Gral.
2	8766	0	0	23	192	77	1145	23	0	42	0	159	143	64	212	70	113	0	0	0	0	188	236	0	120	149	224	48	277	39	116	0	0	0	0	12459	
10	2455	0	0	41	0	275	264	0	0	0	0	91	51	0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	55	0	0	3333	
11	5616	416	35	123	137	411	714	31	174	0	0	0	34	38	0	97	75	0	0	0	68	304	135	72	199	0	0	0	0	0	85	0	42	0	0	8637	
20	2918	165	0	34	37	0	650	67	76	0	110	0	0	0	71	0	72	0	0	0	74	166	0	0	47	0	38	28	0	0	0	0	0	0	0	4654	
21	9923	49	0	316	176	0	1376	40	268	172	0	45	0	99	44	125	0	116	0	0	0	293	43	46	51	0	51	88	0	109	0	0	0	0	0	13433	
22	4926	305	35	186	35	83	640	124	105	0	0	0	232	0	0	0	133	0	0	0	77	170	36	40	43	40	0	214	85	84	0	0	0	0	0	7593	
23	9438	342	62	0	247	0	1146	126	0	484	0	62	69	124	176	88	218	119	153	547	61	0	182	65	72	0	0	47	153	151	0	415	0	0	0	14528	
34	14451	0	61	108	0	72	1946	216	427	156	411	61	60	67	0	171	132	0	576	0	227	59	0	127	279	0	0	120	0	74	0	73	0	0	0	19974	
35	11874	198	90	242	269	0	934	0	182	234	263	0	0	0	85	0	430	148	904	89	398	0	378	104	112	0	90	0	111	0	217	1598	0	0	0	18950	
36	8521	320	195	0	483	116	1230	0	568	0	0	0	0	325	0	0	0	0	80	122	0	107	95	0	242	0	242	0	194	0	0	234	2366	1893	0	17109	
	79107	1795	478	1079	1576	666	10045	507	1946	604	1268	106	408	1025	233	981	345	447	1328	381	1799	351	1345	813	961	745	622	241	755	124	1024	275	821	4379	1893	0	120471
Matriz reducida 2030 para monorriel con competencia del bus (rela)																																					
DESTINOS																																					
ORIG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	Total Gral.
2	9466	0	0	28	194	86	1240	28	0	44	0	161	147	66	214	75	107	0	0	0	0	190	246	0	137	162	228	43	311	44	130	0	0	0	0	13346	
10	2895	0	0	44	0	336	313	0	0	0	0	101	57	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	0	0	68	0	0	0	0	3933	
11	6477	463	37	123	144	48	799	31	184	0	0	0	36	41	0	102	83	0	0	0	71	334	141	78	225	0	0	0	99	0	48	0	0	0	0	9562	
20	2997	170	0	31	36	0	671	62	74	0	105	0	0	68	0	68	0	68	0	0	71	168	0	0	51	0	36	24	0	0	0	0	0	0	0	4632	
21	11737	57	0	337	196	0	1636	42	302	201	0	50	0	111	50	139	0	122	0	0	0	341	48	53	61	0	61	98	0	134	0	0	0	0	0	15777	
22	5519	341	37	187	36	97	720	124	112	0	0	0	0	248	0	0	0	137	0	0	0	85	178	39	46	51	46	0	250	38	98	0	0	0	0	8449	
23	11106	402	70	0	274	0	1586	0	141	0	530	68	78	139	184	80	227	129	158	537	66	0	201	74	86	0	0	45	188	185	0	475	0	0	0	16906	
34	16794	0	67	113	0	87	2274	224	472	179	444	67	66	75	0	166	153	0	161	65	0	142	329	0	132	0	132	0	90	0	87	0	0	0	22925		
35	15839	265	115	291	338	0	1254	0	231	307	326	0	0	0	106	0	530	169	1192	111	521	0	488	141	157	0	113	0	154	0	289	2069	0	0	0	25016	
36	11328	426	246	0	605	160	1645	0	744	0	0	0	0	412	0	0	0	0	91	160	0	140	119	0	0	337	0	243	0	0	321	3051	2785	0	22812		
	94157	2123	672	1153	1825	813	11908	511	2260	731	1406	117	433	1168	254	1056	391	455	1482	415	2249	386	1598	877	1120	898	805	269	850	112	1226	327	1051	5595	2785	0	143358
Matriz reducida 2035 para monorriel con competencia del bus (rela)																																					
DESTINOS																																					
ORIG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	Total Gral.
2	9782	0	0	27	185	90	1285	27	0	45	0	162	148	66	215	78	104	0	0	0	0	190	250	0	145	168	228	40	329	46	137	0	0	0	0	13759	
10	3131	0	0	45	0	370	340	0	0	0	0	106	61	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	4256	
11	6908	486	37	123	147	51	842	30	189	0	0	37	42	0	104	88	0	0	0	0	72	348	143	80	239	0	0	0	106	0	51	0	0	0	10024		
20	3023	171	0	30	35	0	678	59	73	0	102	0	0	67	0	66	0	66	0	0	70	167	50	67	0	53	0	36	22	0	0	0	0	0	0	4652	
21	12712	62	0	346	207	0	1777	43	319	216	0	53	0	118	52	146	0	124	0	0	0	367	50	57	67	0	66	104	0	149	0	0	0	0	0	17034	
22	6918	360	38	188	37	104	761	124	115	0	0	255	0	0	139	0	0	139	0	0	89	112	41	49	56	48	0	0	269	106	105	0	0	0	0	8883	
23	11995	434	74	0	288	0	1468	0	148	0	553	0	72	82	146	203	86	230	134	155	685	71	0	121	79	94	0	0	44	207	203	0	507	0	0	18168	
34	18030	0	70	115	0	95	2449	228	494	191	4																										

A4.2. ESCENARIO II

Matriz reducida 2010 para monorriel sin competencia del bus (relacion de la)																																					
ORIG	DESTINOS																																			Total Gral.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		36
1	13664	0	0	79	506	185	2835	80	0	105	0	0	421	375	168	563	175	317	0	0	0	0	0	0	500	608	0	284	369	593	147	662	94	280	0	0	23310
2	4111	0	0	104	0	605	598	0	0	0	0	220	123	0	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	0	0	0	0	122	0	0	6111	
11	9864	921	88	330	350	96	1710	83	441	0	0	87	97	0	251	182	0	0	175	745	346	180	472	0	0	0	0	0	196	0	97	0	0	0	0	16712	
20	5145	305	0	75	80	0	1297	151	160	0	0	0	0	0	152	0	0	156	0	0	159	339	0	0	0	0	0	89	0	80	70	0	0	0	0	8498	
21	14881	101	0	798	424	0	3104	101	640	397	0	109	0	236	106	303	0	259	0	0	676	109	114	0	116	213	0	0	237	0	0	0	0	0	0	0	23068
22	9520	672	88	496	88	193	1524	333	265	0	0	0	0	566	0	0	0	344	0	0	187	434	90	95	98	96	0	0	492	195	194	0	0	0	0	15990	
23	12127	449	84	0	375	0	1628	0	189	0	746	0	94	104	187	268	97	352	184	255	790	94	0	278	97	101	0	0	82	210	208	0	609	0	0	19619	
34	16812	0	96	173	0	105	2895	362	671	238	663	98	95	106	0	273	198	0	934	0	344	95	0	196	411	0	0	192	0	107	0	105	0	0	0	25173	
35	11033	201	0	05	297	315	0	1025	0	211	862	313	0	0	100	0	0	514	190	1008	105	446	0	432	113	118	0	106	0	118	0	232	1815	0	0	19059	
36	8240	301	210	0	624	115	1251	0	633	0	0	0	0	349	0	0	0	0	0	95	126	0	111	104	0	0	235	0	211	0	0	0	232	2492	1743	0	16971
105698	28501	881	2388	2662	1298	17868	1111	3210	1002	1959	206	918	1978	482	2015	652	988	1232	540	2268	627	2506	1766	1713	1308	948	581	1994	298	2022	497	1281	14916	1743	0	174512	
Matriz reducida 2020 para monorriel sin competencia del bus (relacion)																																					
ORIG	DESTINOS																																			Total Gral.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		36
1	16039	0	0	82	547	220	3273	82	0	119	0	0	454	409	183	606	200	322	0	0	0	0	0	0	538	674	0	344	428	641	138	792	112	333	0	0	26534
2	5164	0	0	117	0	786	755	0	0	0	0	260	146	0	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	158	0	0	7674	
11	11705	1189	89	352	391	118	2039	88	487	0	0	98	110	0	278	215	0	0	184	870	385	207	569	0	0	0	0	0	243	0	119	0	0	0	0	19764	
20	5640	364	0	74	82	0	1430	148	167	0	242	0	0	0	156	0	0	153	0	0	163	366	0	0	0	0	103	0	83	63	0	0	0	0	0	9239	
21	18752	139	0	904	503	0	3932	113	767	492	0	129	0	282	126	358	0	332	0	0	838	124	133	146	0	432	0	147	252	0	312	0	0	0	0	28781	
22	13588	872	100	532	99	238	3827	355	301	0	0	0	0	664	0	0	0	379	0	0	219	465	104	115	124	115	0	0	612	242	240	0	0	0	0	18978	
23	15216	612	112	0	443	0	2054	0	225	0	867	0	111	124	223	315	122	381	213	274	979	110	0	327	117	129	0	0	84	275	271	0	743	0	0	24538	
34	20816	0	112	200	0	134	3603	400	790	280	761	114	111	125	0	316	244	0	1066	0	420	110	0	235	516	0	0	223	0	138	0	135	0	0	0	30859	
35	15693	311	942	379	422	0	1466	0	286	366	412	0	0	133	0	0	675	232	1417	139	624	0	593	163	176	0	0	174	0	341	2507	0	0	0	0	26933	
36	11675	464	282	0	700	169	1782	0	853	0	0	0	471	0	0	0	115	176	0	155	138	0	155	138	0	0	350	0	281	0	0	339	3429	2744	0	24122	
132056	3651	847	2640	3188	1685	22161	1187	3695	1267	2282	242	1033	2331	633	2287	781	1045	2490	622	2694	716	3072	1995	2062	1639	1266	688	1621	295	2545	624	1684	16679	2744	0	217081	
Matriz reducida 2030 para monorriel sin competencia del bus (relacion)																																					
ORIG	DESTINOS																																			Total Gral.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		36
1	17280	0	0	79	556	245	3543	79	0	126	0	0	461	420	187	612	215	306	0	0	0	0	0	543	702	0	391	463	650	122	889	125	372	0	0	0	28367
10	6089	0	0	124	0	989	895	0	0	0	0	289	164	0	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	203	0	0	0	0	193	0	0	0	9655	
11	13036	1322	104	352	411	136	2283	88	527	0	0	102	116	0	291	238	0	0	0	202	953	402	222	644	0	0	0	0	282	0	137	0	0	0	0	21649	
20	5793	373	0	68	80	0	1476	136	163	0	231	0	0	0	150	0	0	150	0	0	157	370	0	0	0	0	112	0	80	52	0	0	0	0	9391		
21	22179	164	0	962	561	0	4675	120	863	574	0	143	0	318	142	397	0	347	0	0	0	0	242	509	113	131	146	130	0	714	281	279	0	0	0	0	33724
22	12724	974	106	536	104	276	2057	355	321	0	0	0	708	0	0	0	391	0	0	0	0	0	361	133	154	0	0	0	81	337	331	0	852	0	0	0	28300
23	17905	720	0	492	0	492	0	2430	0	262	0	950	0	123	139	249	348	143	406	231	277	1141	121	0	0	263	609	0	244	0	167	0	162	0	0	35545	
34	24192	0	124	209	0	161	4211	416	874	322	823	125	122	138	0	345	283	0	1344	0	483	120	0	0	785	221	247	0	177	0	241	0	469	3246	0	3528	
35	20933	415	80	456	530	0	1967	0	363	481	512	0	0	167	0	0	831	266	1698	179	817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	485	4422	4037	0	32163
36	156650	4586	997	2767	3610	2009	25921	1193	4440	1513	2516	268	1097	2600	578	2447	878	1060	2747	674	3725	775	3559	1215	2350	1935	1588	167	1784	255	3014	737	2077	8519	4037	0	254818
Matriz reducida 2035 para monorriel sin competencia del bus (relacion)																																					
ORIG	DESTINOS																																			Total Gral.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		36
1	17858	0	0	78	558	258	3672	77	0	130	0	0	463	423	189	613	222	297	0	0	0	0	0	544	714	0	415	480	652	114	939	132	391	0	0	0	29220
10	6887	0	0	128	0	1056	971	0	0	0	0	304	174	0	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226	0	0	0	213	0	0	0	9801		
11	13700	1390	107	351	419	145	2406	87	540	0	0	105	119	0	297	250	0	0	0	208	995	410	230	683	0	0	0	0	302	0	147	0	0	0	0	22890	
20	5842	376	0	65	78	0	1492	130	161	0	225	0	0	147	0	0	145	0	0	153	370	0	0	0	0	116	0	78	48	0	0	0	0	0	0	9427	
21	24021	178	0	989	590	0	5078	123	912	617	0	151	0	336	150	417	0	384	0	0	1048	144	162	192	0	160	286	0	425	0	0	0	0	0	0	36372	
22	13414	1027	109	536	107	296	2174	354	330	0	0	0	729	0	0	0	397	0	0	253	520	117	139	159	138	0	0	769	302	299	0	0	0	0	0	22170	
23	19337	778	32	0	516	0	2632	0	266	0	991	0	129	147	262	365	154	413	240	277	1227	127	0	378	141	168	0	0	79	371	364	0	908	0	0	30401	
34	25972	0	130	213	0	176	4535	422	916	384</																											

A4.3. ESCENARIO III

Matriz reducida 2010 para monorriel con Sistema Alimentador (relacion de larif)																																				
ORIG	DESTINOS																																			TotalGral.
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	23310
2	13964	0	0	79	566	185	2856	80	0	105	0	0	421	375	168	563	175	317	0	0	0	0	500	608	0	284	368	593	147	662	94	260	0	0	0	6111
10	4111	0	0	104	0	605	588	0	0	0	0	220	123	0	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	0	0	0	0	0	122	0	0	0	0	16712
11	9864	921	88	330	350	96	1710	83	441	0	0	87	97	0	251	182	0	0	175	745	346	180	472	0	0	89	0	80	70	0	0	0	0	0	8498	
20	5145	305	0	75	80	0	1297	151	180	0	238	0	0	0	152	0	0	159	339	0	0	0	0	0	0	0	0	116	213	0	0	0	0	0	23068	
21	14831	101	0	798	424	0	3104	101	640	397	0	109	0	236	106	303	0	239	0	0	676	105	109	114	0	0	0	0	116	213	0	0	0	0	0	15900
22	9520	672	88	486	88	193	1524	333	265	0	0	0	586	0	0	0	344	0	0	187	434	90	101	0	0	0	0	0	482	195	194	0	0	0	19619	
23	12127	449	84	0	375	0	1628	0	189	0	746	0	94	104	187	268	97	362	184	255	790	94	0	275	97	101	0	82	210	208	0	609	0	0	28173	
34	16812	0	96	179	0	105	2895	382	671	238	663	98	106	0	273	188	0	934	0	344	95	0	0	196	411	0	192	0	107	0	105	0	0	19059		
35	11033	201	105	297	315	0	1028	0	211	262	313	0	0	100	0	0	314	190	1009	105	446	0	432	113	118	0	106	0	118	0	232	2492	1743	0	16871	
36	8240	301	210	0	524	115	1251	0	633	0	0	0	0	349	0	0	0	0	95	126	0	111	104	0	235	0	211	0	0	232	2492	1743	0	16871		
#####	2950	881	2358	2662	1299	17866	1111	3210	1002	1959	206	918	1976	462	2015	652	988	2132	640	2288	627	2506	1766	1713	1306	948	981	1384	299	2022	497	1261	4916	1743	0	174512

Matriz reducida 2020 para monorriel con Sistema Alimentador (relacion di)																																				
ORIG	DESTINOS																																			TotalGral.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	26534
2	16039	0	0	82	547	220	3273	82	0	119	0	0	454	409	183	606	200	322	0	0	0	0	538	674	0	344	426	641	139	792	112	333	0	0	0	26534
10	5164	0	0	117	0	786	765	0	0	0	0	260	146	0	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	158	0	0	0	0	7674
11	11705	1189	89	352	391	113	2039	88	497	0	0	0	88	110	0	278	215	0	0	0	134	870	385	207	569	0	0	0	243	0	119	0	0	0	19764	
20	5640	364	0	74	82	0	1450	146	167	0	242	0	0	156	0	156	0	158	0	0	163	366	0	0	103	0	103	0	63	0	0	0	0	0	9239	
21	18752	139	0	904	503	0	3832	113	767	482	0	129	0	282	126	358	0	332	0	0	838	124	133	148	0	147	252	0	312	0	0	0	0	0	28781	
22	11358	872	100	532	99	238	1927	355	301	0	0	0	664	0	0	0	379	0	0	219	485	104	115	124	115	0	612	242	240	0	0	0	0	0	18978	
33	15216	612	112	0	443	0	2054	0	225	0	867	0	111	124	223	315	122	391	213	274	979	110	0	327	117	129	0	84	275	271	0	743	0	0	24338	
34	20816	0	112	200	0	134	3603	400	790	290	761	114	111	125	0	316	244	0	1066	0	420	110	0	235	516	0	223	0	138	0	135	0	0	0	30859	
35	15693	311	142	379	422	0	1466	0	286	366	412	0	0	133	0	0	675	232	1417	139	624	0	563	163	176	0	141	0	174	0	341	2507	0	0	26793	
36	11675	484	282	0	700	163	1782	0	863	0	0	0	471	0	0	0	0	0	115	176	0	155	138	0	350	0	281	0	0	0	339	3429	2744	0	24122	
#####	3951	947	2640	3188	1685	22161	1187	3865	1267	2282	242	1033	2331	533	2287	781	1048	2490	622	2984	716	3072	1995	2062	1638	1260	688	1621	285	2545	624	1664	6678	2744	0	217081

Matriz reducida 2030 para monorriel con Sistema Alimentador (relacion di)																																				
ORIG	DESTINOS																																			TotalGral.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	28367
2	17280	0	0	79	556	245	3543	79	0	128	0	0	461	420	187	612	215	306	0	0	0	0	543	702	0	391	483	650	122	889	125	372	0	0	0	28367
10	6089	0	0	124	0	959	895	0	0	0	0	289	164	0	137	0	0	0	0	0	0	0	0	203	0	203	0	0	0	0	193	0	0	0	9055	
11	13036	1322	104	352	411	136	2283	88	527	0	0	102	116	0	291	238	0	0	0	202	953	402	222	644	0	0	0	0	282	0	137	0	0	0	21849	
20	5793	373	0	68	80	0	1476	136	163	0	231	0	0	0	150	0	150	0	150	0	157	370	0	0	112	0	80	52	0	0	0	0	0	0	9391	
21	22179	164	0	982	561	0	4675	120	863	574	0	143	0	318	142	397	0	347	0	0	975	137	152	176	0	175	281	0	384	0	0	0	0	0	33724	
22	12724	974	105	536	134	278	2067	355	321	0	0	0	708	0	0	0	391	0	0	0	242	599	113	131	146	130	0	714	281	279	0	0	0	0	21097	
23	17905	720	125	0	492	0	2430	0	252	0	950	0	123	139	249	348	143	406	231	277	1141	121	0	361	133	164	0	81	337	331	0	652	0	0	28300	
34	24192	0	124	209	0	161	4211	416	874	332	823	125	122	138	0	345	283	0	1144	0	483	120	0	283	609	0	244	0	167	0	162	0	0	0	35545	
35	20933	415	180	466	530	0	1967	0	363	481	512	0	0	0	167	0	0	831	266	1869	175	817	0	765	221	247	0	177	0	241	0	469	3246	0	35328	
36	19520	617	357	0	877	232	2384	0	1078	0	0	0	0	0	132	232	0	202	172	0	0	0	202	172	0	489	0	352	0	0	0	465	4422	4037	0	32163
#####	4586	597	2787	3610	2009	25821	1193	4440	1513	2516	268	1087	2600	578	2447	878	1080	2747	674	3725	775	3559	2125	2380	1935	1588	767	1764	255	3014	737	2077	8519	4037	0	254818

Matriz reducida 2035 para monorriel con Sistema Alimentador (relacion di)																																				
ORIG	DESTINOS																																			TotalGral.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	29220
2	17858	0	0	78	558	253	3672	77	0	130	0	0	463	423	183	613	222	307	0	0	0	0	544	714	0	415	480	652	114	939	132	391	0	0	0	29220
10	6801	0	0	128	0	1056	971	0	0	0	0	304	174	0	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226	0	0	0	0	0	213	0	0	0	9801	
11	13700	1390	107	351	419	145	2406	87	540	0	0	105	119	0	297	250	0	0	0	206	985	410	230	683	0	0	0	302	0	147	0	0	0	0	22690	
20	5842</																																			

## ANEXO V

### COSTO DE LA OBRA CIVIL

#### **A5.1 INTRODUCCION**

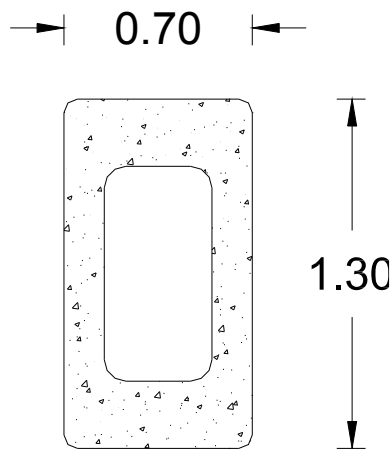
En este anexo se estiman los costos (sin IVA) de los componentes de la obra civil. Esta obra civil se encuentra conformada por los distintos elementos de la infraestructura y del equipamiento del sistema, estando excluido el equipamiento electro-mecánico de soporte del sistema móvil.

#### **A5.2 COMPONENTES DE LA OBRA CIVIL DE LA LINEA**

La infraestructura y el equipamiento necesarios para la operación de la línea propuesta, están conformados por los siguientes elementos:

##### **A5.2.1 Infraestructura de la vía**

El vehículo monorriel elevado denominado comercialmente “Hitachi Small”, se desplaza montado sobre una viga de hormigón armado (Figura A5.1), sobre la cual traccionan los neumáticos. Esta viga, esta sustentada por columnas de hormigón armado en forma de “Y” (Figura A5.2), esto es así, para los tramos donde la línea tiene ambos sentidos de circulación separados. Así mismo, se tiene columnas simples en el caso de utilizar la misma vía para ambos sentidos (Figura A5.3). Las luces típicas entre columnas se encuentran entre los 20 y 25m, y deben estar fundadas a través de pilotes que provean el empotramiento necesario para las fuerzas actuantes.



**Figura A5.1:** Viga – vía (Hitachi Co, 2005)

Características de la Viga infraestructura de rodamiento del monorriel:

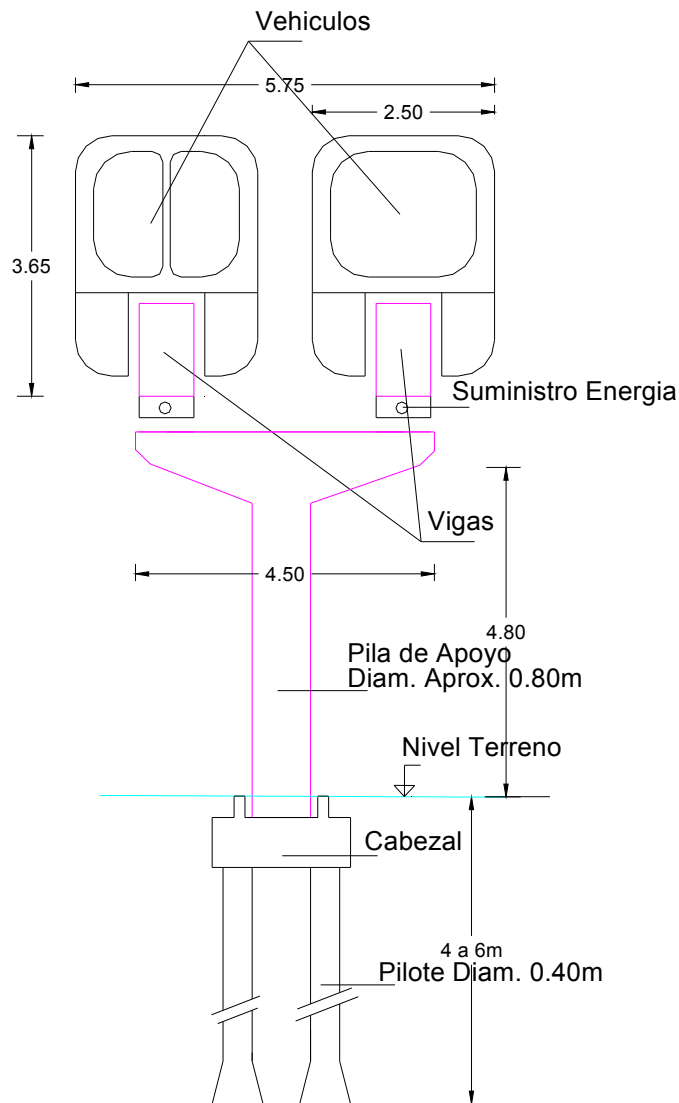
1. Material: Hormigón Armado Pretensado.
2. Altura: 1.30m
3. Ancho: 0.70m (necesarios para que apoyen el par tractor de neumáticos)
4. Peso: 1.60tn/m
5. Volumen: 0.65 m<sup>3</sup>/m.

##### **A5.2.1.1 Estructura de Apoyo para línea con ambos sentidos de circulación separados**

La Figura A5.2 muestra el esquema general típico de la infraestructura de apoyo, para el caso de línea con ambos sentidos de circulación separados.

Características de Pilas de Apoyo, para línea con ambos sentidos de circulación (Hitachi Co.,2005):

1. Material: Hormigón Armado Pretensado.
2. Altura: 5.00m
3. Ancho de Columna: 0.80m.
4. Peso: 12.50tn
5. Volumen: 5.00m<sup>3</sup>
6. Distancia entre pilas: de 20 a 25m.

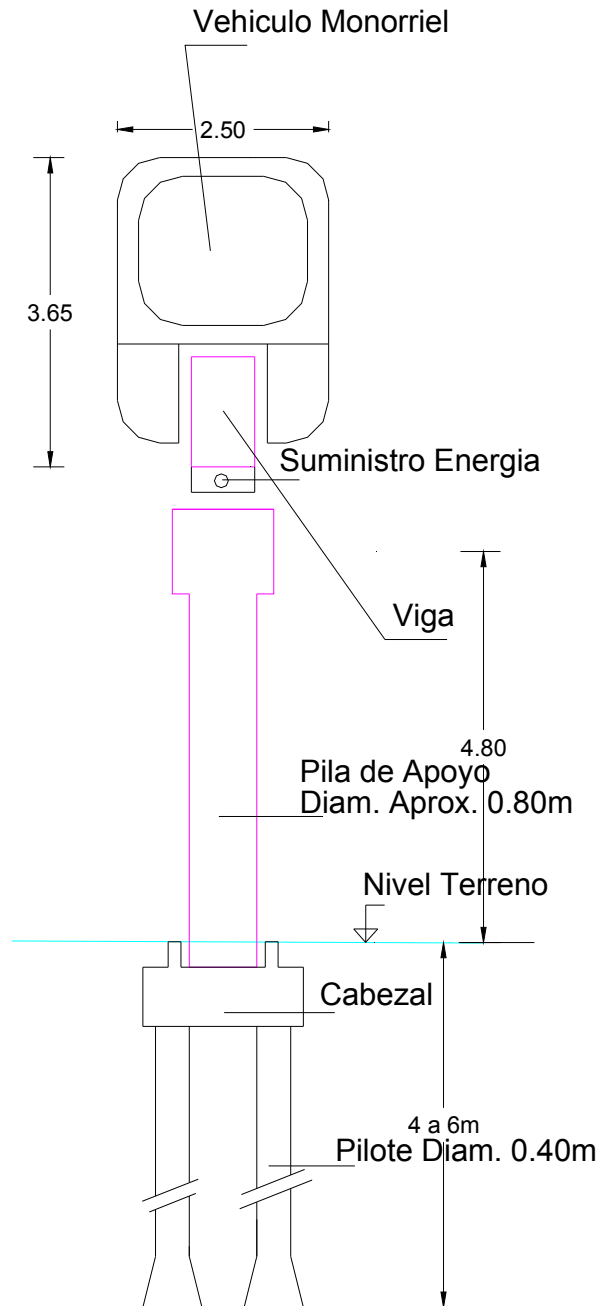


**Figura A5.2:** Corte transversal de estructura para dos vías

#### **A5.2.1.2 Estructura de Apoyo para línea con ambos sentidos de circulación sobre una misma viga.**

Es el caso propuesto para los ramales R1 y R2, donde el recorrido es corto y la frecuencia baja, figura A5.3. (Hitachi Co. , 2005).





**Figura A5.3:** Corte transversal de estructura para única viga

Características de Pila de Apoyo, para línea con ambos sentidos de circulación sobre única infraestructura de circulación o viga (Hitachi Co., 2005),

:

1. Material: Hormigón Armado Pretensado.
2. Altura: 5.00m
3. Ancho de Columna: 0.80m.
4. Peso: 8.75 tn.
5. Volumen: 3.50m<sup>3</sup>

### **A5.2.1.3 Estructura de Fundación.**

Características de la Fundación Propuesta (indirecta con 4 pilotes pre excavados):

De acuerdo al trabajo de recopilación de suelos de la ciudad de Córdoba, Reginatto (1970), *Mapa de Suelos de la Ciudad de Córdoba*, Camsif, Córdoba. Se tiene que en la traza propuesta, se distinguen dos tipos de perfiles geotécnicos predominantes:

- a. Sector denominado A, desde el centro, y hasta la intersección de Bv. Los Andes y Bv. Los Granaderos, se tiene un manto superior, compuesto por limos, hasta una profundidad de 4 mts. Luego se ubica un manto de arena del aluvión, de gran espesor. Longitud de este tramo: 5.300m.
- b. Sector denominado B, desde la intersección de Bv. Los Granaderos y Bv Los Andes, y siguiendo la traza de la línea propuesta, se tiene un primer estrato compuesto de limos arenosos, hasta los 5 a 6 mts y luego un manto una arena semi-gruesa con gran espesor. Longitud de este tramo: 12.000m.

En ambos casos la resistencia de los mantos arenosos, se encuentra entre 3 y 4 kg/cm<sup>2</sup>.

1. Material: Hormigón Armado Tipo H-21
2. Volumen Cabezal: 2.80 m<sup>3</sup>.
3. Longitud de Pilotes Diámetro 0.40m:
  - a. Sector A; Longitud = 4.00m.
  - b. Sector B; Longitud = 5.50m
4. Volumen de Pilotes:
  - a. Sector A = 2.00 m<sup>3</sup>.
  - b. Sector B = 2.75 m<sup>3</sup>.
5. Peso Total de la Fundación:
  - a. Sector A = 11.52 tn.
  - b. Sector B = 13.32 tn.

Características de la fundación: idem caso anterior.

### **A5.2.2 Equipamiento de la Línea.**

El equipamiento para la operación de la línea, esta compuesto por, 1) Las estaciones de acceso y egreso de los pasajeros, 2) El depósito del material rodante y centro de control o comando del sistema, (generalmente ubicados en puntas de línea).

#### **A5.2.2.1 Estaciones**

Las estaciones propuestas en este trabajo están distribuidas a lo largo de toda la línea con un distanciamiento entre si de 700 a 800m (Figura A5.4). Las estaciones al igual que la línea, se encuentran sobre elevadas y poseen dimensiones acordes al vehículo seleccionado, es decir el "Hitachi Small". Todas las estaciones poseen circulaciones verticales para el acceso y egreso de pasajeros constituidas por escaleras, ya sea las tradicionales y/o mecánicas, y pueden incluir también ascensores para personas con discapacidad.

La Figura A5.5, muestra el esquema general típico de estación ubicada sobre espacio aéreo de ramal ferroviario, con sentidos de circulación separados.

Características de estación tipo para el vehículo de diseño propuesto, (Hitachi, 2006).

1. Largo: 35m

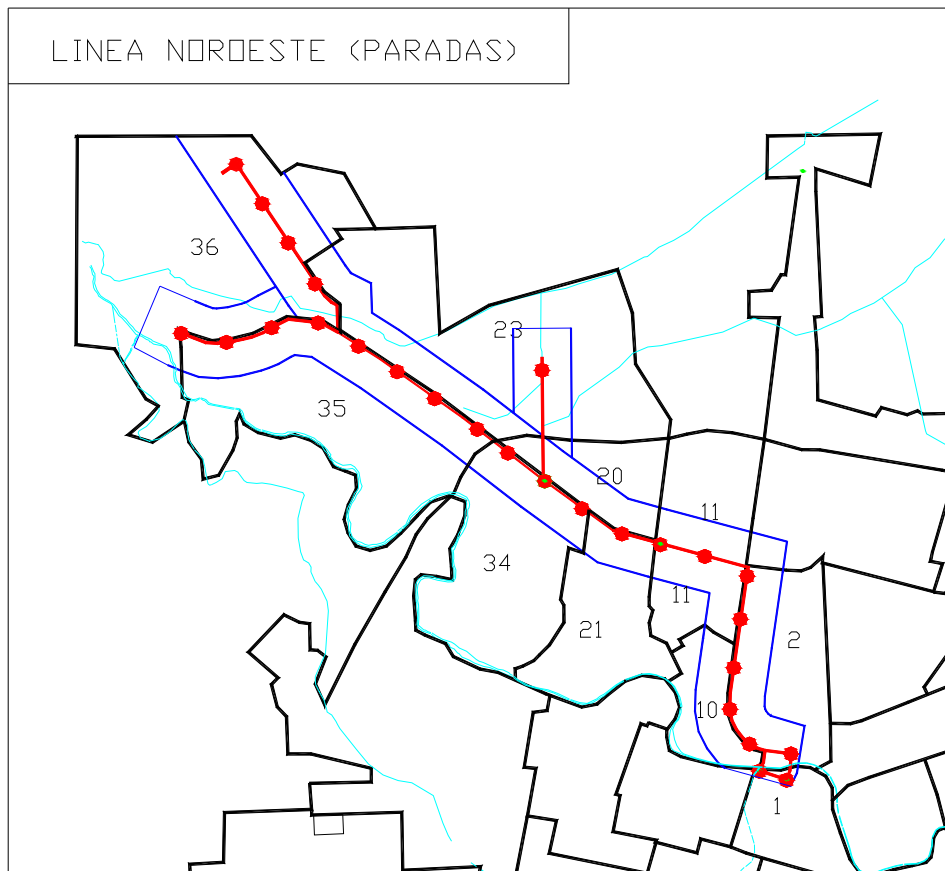
2. Ancho: 11.35m
3. Superficie cubierta: 600 m<sup>2</sup> (se considera el entrepiso de embarque. Techo y dependencias anexas como boleterías, baños y escaleras).

Se debe tener en cuenta la posibilidad de expropiación de inmuebles para facilitar los accesos y egresos a las estaciones en su recorrido a lo largo de avenida Donato Álvarez, se considera suficiente con dos terrenos, uno a cada lado de cada estación.

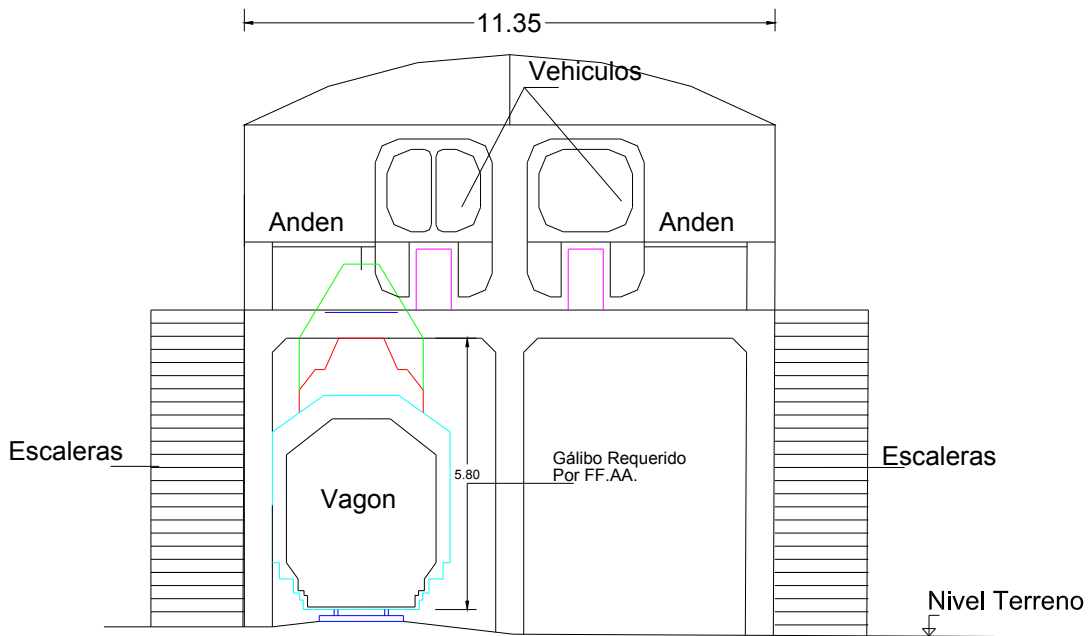
#### **A5.2.2.2 Depósito, Talleres, Oficinas y Centro de Comando.**

Resulta imprescindible la concreción de sendos depósitos hangares en punta de línea troncal y en punta de línea secundaria Avenida Ricardo Rojas, cada uno de los cuales tendrá una superficie de 1000 m<sup>2</sup> (25 m de frente por 40 m de fondo).

En cuanto a oficinas y centro de comando, se adopta como suficiente un edificio de 300m<sup>2</sup>. (Hitachi Co., 2005),



**Figura A5.4:** Ubicación geográfica de las estaciones.



Figura

A5.5: Corte transversal de estructura de estación sobre vías del FFCC.

### A5.3 COMPUTO Y PRESUPUESTO

En este punto se procede a computar y presupuestar cada uno de los componentes de la línea, que forman parte de la obra civil a saber:

#### A5.3.1 Cómputo de Vigas

Se elabora para cada componente de la línea:

##### Línea troncal:

Longitud = 17300 m.  
 Longitud de vigas =  $2 \times 17300 \text{ m} = 34.600 \text{ m}$ .  
 Volumen de viga =  $0.65 \text{ m}^3/\text{m}$ .

##### Ramal R1:

Longitud = 2863 m.  
 Longitud de vigas = 2863 m.  
 Volumen de viga =  $0.65 \text{ m}^3/\text{m}$ .

##### Ramal R2:

Longitud = 2035 m.  
 Longitud de vigas = 2035 m.  
 Volumen de viga =  $0.65 \text{ m}^3/\text{m}$ .

En tabla A5.1 se muestra el correspondiente comuto métrico de las vigas.

**Tabla A5.1:** Compuo métrico de vigas

LINEA	LONGITUD (MTS.)		VIGAS (MTS)	VOLUMEN HORMIGON M <sup>3</sup>
	UNIDIRECCIONAL	BIDIRECCIONAL		
	UNA VIA	DOS VIAS		
TRONCAL	0	17300	34600	22490
SECUNDARIA R1 AVENIDA R. ROJAS	2863	0	2863	1860.95
SECUNDARIA R2 BV. E SPILIMBERGO	2035	0	2035	1322.75
<b>TOTALES</b>			<b>39498</b>	<b>25674</b>

### A5.3.2 Cómputo de Pilas y Fundaciones

Teniendo en cuenta los perfiles de suelo predominantes, y su influencia en el tipo de fundaciones, se tiene para cada sector y tramo componente de la línea, lo siguiente:

#### A5.3.2.1 Fundación y pilas en sector A

En este sector solo se tiene el desarrollo de parte de la línea troncal.

Longitud = 5300 m.

Cantidad de Bases (cada 22.5m) = 236 bases y pilas.

Volumen de cada base (cabezal + pilotes de 4m) = 4.8 m<sup>3</sup>.

Volumen Pila = 5.00 m<sup>3</sup>

Volumen total (fundación + pila) = 9.8 m<sup>3</sup>

En tabla A5.2 se muestra el cómputo métrico de pilas y fundaciones.

**Tabla A5.2:** Compuo métrico de pilas y fundaciones, sector A

LINEA	CANTIDAD	VOLUMEN HORMIGON	VOLUMEN TOTAL
		FUND. + PILA (M <sup>3</sup> )	HORMIGON (M3)
TRONCAL	236	9.8	2312.8

#### A5.3.2.2 Fundación y pilas en sector B

Este sector de suelos comprende los distintos tramos en los que cuales esta dividida la línea. Se tiene entonces:

##### Troncal:

Longitud = 12000 m.

Cantidad de Bases (cada 22.5m) = 534 bases y pilas.

Volumen de cada base (cabezal + pilotes de 4m) = 4.8 m<sup>3</sup>.

Volumen Pila = 5.00 m<sup>3</sup>

Volumen total (fundación + pila) = 9.8 m<sup>3</sup>

Se presenta a continuación el cómputo en tabla A5.3

**Tabla A5.3:** Compuo pilas y fundaciones, línea troncal, sector B

LINEA	CANTIDAD	VOLUMEN HORMIGON	VOLUMEN TOTAL
		FUND. + PILA (M <sup>3</sup> )	HORMIGON (M3)
TRONCAL	534	9.8	5233.2

### Ramales R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>:

Longitud = 4898 m.

Cantidad de Bases (cada 22.5m) = 218 bases y pilas.

Volumen de cada base (cabezal + pilotes de 4m) = 4.8 m<sup>3</sup>.

Volumen Pila = 3.5 m<sup>3</sup>

Volumen total (fundación + pila) = 8.3 m<sup>3</sup>

A continuación el cómputo en tabla A5.4

**Tabla A5.4:** Compuo pilas y fundaciones, ramales R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>

LINEA	CANTIDAD	VOLUMEN HORMIGON	VOLUMEN TOTAL
		FUND. + PILA (M <sup>3</sup> )	HORMIGON (M3)
R1 y R2	218	8.3	1809.4

### A5.3.3 Cómputo de Estaciones

Acorde a las recomendaciones técnicas para los monorrieles de tipo "Small", (Hitachi Co., 2005), Se presentan las siguientes dimensiones a saber:

Largo: 35m

Ancho: 11.35m

Superficie cubierta: 600 m<sup>2</sup>

El resultado del cómputo de las estaciones se muestra en tabla A5.5

**Tabla A5.5:** Compuo de estaciones

LINEA	ESTACIONES (CANTIDAD)	SUPERFICIE CUBIERTA (M2)
TRONCAL	22	13200
RAMAL R1 AVENIDA R. ROJAS	4	2400
RAMAL R2 BV. E SPILIMBERGO	1	600
TOTAL		16200

**A5.3.4 Cómputo y Presupuesto Final de Obra Civil:**

De acuerdo a lo considerado hasta aquí y haciendo la salvedad, que los precios ha utilizar son proporcionados por revista costo de obra del mes de junio de 2010,(sin IVA). Se presentan en tabla A5.6 el cómputo métrico y presupuesto final de la obra civil. Es menester aclarar, que hay situaciones que surgen de la ejecución del proyecto ejecutivo de una obra, como expropiaciones, corrimiento de servicios públicos, modificaciones en canteros, calzadas, etc. Que no pueden ser tenidas en cuenta por las características de estudio preliminar que tiene el presente trabajo.

**Tabla A5.6:** Computo y presupuesto final de la obra civil

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO ITEM
VIGAS	M <sup>3</sup>	39498	3050	120468900
FUNDACIONES Y PILAS	M <sup>3</sup>	9355.4	3050	28533970
ESTACIONES	M <sup>2</sup>	16200	1656	26827200
DEPOSITOS	M <sup>2</sup>	2000	1970	3940000
OFICINAS Y CENTRO DE COMANDO	M <sup>2</sup>	300	1970	591000
TERRENOS PARA DEPOSITOS Y OFICINAS	M <sup>2</sup>	2000	550	1100000
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>181461070</b>

Se tiene de tabla A5.6 que el costo total de la obra civil, asciende a \$181.461.070 (pesos ciento ochenta y un millones cuatrocientos sesenta y un mil setenta).

**BIBLIOGRAFIA**

- Arranz, Pablo y Masciarelli, Edgardo (2009). Caracterización de la Demanda de Transporte Público de Pasajeros en la Ciudad de Córdoba, Argentina. *XV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito*. Mar del Plata, Argentina. En CD – T012.
- Buchanan C (1964), *Traffic in Towns. A Study of The Long Term Problems of Traffic in Urban Areas*, HMSO, Londres.
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía - CONAE, (2002), [www.conae.gov.mx](http://www.conae.gov.mx) (acceso en octubre 2006)
- Demery, Leroy W. Jr, J. Wallace Higgins, Michael D. Setty (2005). *Traffic Density Thresholds for Rail Transit: A Retrospective*. Publictransit.us Special Report No. 2
- Dickey, Jhon W (1977), *Manual del Transporte Urbano*, Editorial John Wiley & Sons.
- Galarraga, Jorge; Herz, Marcelo y Maldonado, Marcelo (2009). Generación de Tránsito en Nueva Conexión Vial. *XV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito*. Mar del Plata, Argentina. En CD – T176.
- Gerndt, Helmut, J. Hansen and W. Kokot (1993). *Light Rail Transit*. Düsseldorf: Light Rail Transit Consultants GmbH.
- Hitachi Co.(2005), [www.hitachi.co.jp](http://www.hitachi.co.jp) (acceso en Julio 2010).
- Instituto Nacional de Estadística y Censos - INDEC (2004), [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar), (acceso en noviembre 2006)
- Instituto Superior de Ingeniería del Transporte – ISIT (2000). *Encuesta de Origen y Destino para la Ciudad de Córdoba*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Institute of Transportation Engineers – ITE (1999). *Transportation Planning Handbook*. ITE.
- Kain, John F. (1988). Choosing the Wrong Technology: Or How to Spend Billions and Reduce Transit Use. *Journal of Advanced Transportation*, 21, 3 (Winter 1988): 196-213.
- Municipalidad de Córdoba (2003), *Informe Dirección de Transporte*. Municipalidad de Córdoba.
- Nehashi, Akira (1988). New Urban Transport Systems Reconsidered. *Japan Railway & Transport Review*. No. 16, June 1998.
- Organización Mundial de La Salud -OMS, (1999), *Guías para el Ruido Urbano*, Universidad de Estocolmo.
- Ortúzar, Juan de Dios (2003). *Modelos de Demanda de Transporte*. Editorial Alfaomega.
- Ortuzar, Juan de Dios y Willumsen, Luis G (2001), *Modelling Transport*. Editorial John Wiley & Sons.
- O`Ryan (1998), *La Sustentabilidad Ambiental del Transporte: El Caso de Santiago de Chile*, Serie Economía nº 30, pag 33.



Pickrell, Don H. (1985). *Urban Rail in America: A Review of Procedures and Recommendations From the Regional Plan Association Study*. Cambridge, MA. Transportation Systems Center, Research and Special Programs Administration, U.S. Department of Transportation.

Pushkarev, Boris S., Jeffrey M. Zupan, and Robert S. Cumella (1982). *Urban Rail in America: An Exploration of Criteria for Fixed-Guideway Transit*. Bloomington, IN. Indiana University Press.

SEDESOL (1998), *Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para Ciudades Medias mexicanas*, Tomo VIII.

The Monorail Society, (2006) [www.monorails.org](http://www.monorails.org) (acceso en octubre 2010).

Transportation Research Board – TRB (2000). *Highway Capacity Manual*, TRB

Transportation Research Board - TRB (2003), *Transit Capacity and Quality of Service*, 2nd edition.

Uribarren, Alberto J. (1999), *Vialidad Urbana, Contenedora de Servicios, Continente de Relaciones*, MultiGraf.