

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Resumen . . . . .	2
1.3. Objetivos . . . . .	5
1.3.1. Objetivo general . . . . .	5
1.3.2. Objetivos particulares . . . . .	5
1.4. Metodología . . . . .	6
1.5. Organización del documento . . . . .	7
<b>2. Marco Teórico y Estado del Arte</b>	<b>8</b>
2.1. Marco teórico . . . . .	8
2.1.1. Sistemas Inteligentes de Transporte . . . . .	8
2.1.2. Tecnologías de comunicaciones para ITS . . . . .	9
2.1.3. Simulación de redes de comunicaciones . . . . .	10
2.1.4. Simulación de tráfico . . . . .	11
2.1.5. Simulación bidireccional . . . . .	11
2.1.6. Métricas de Evaluación . . . . .	12
2.2. Estado del arte . . . . .	14
2.2.1. Simuladores de tráfico . . . . .	14
2.2.2. Simuladores de redes inalámbricas . . . . .	16
2.2.3. Entornos de simulación bidireccional . . . . .	18
<b>3. Diseño e Implementación</b>	<b>21</b>
3.1. Especificación del problema . . . . .	22
3.2. Elección de solución a implementar . . . . .	22
3.3. Diseño y Metodología de Desarrollo . . . . .	23
3.3.1. Diseño arquitectural . . . . .	23
3.3.2. Metodología de desarrollo . . . . .	29
3.4. Funcionalidad implementada . . . . .	30
3.4.1. Comandos Implementados . . . . .	30
3.5. Implementación . . . . .	32
3.5.1. plugin.c . . . . .	34
3.5.2. TraCIServer . . . . .	35
3.5.3. Simulation . . . . .	45
3.5.4. VehicleManager . . . . .	47
3.5.5. Otros módulos . . . . .	54

3.6. Pruebas preliminares . . . . .	57
3.6.1. Ejemplo de script de prueba: cambio de ruta . . . . .	58
<b>4. Validación</b>	<b>60</b>
4.1. Escenario y Análisis . . . . .	60
4.1.1. Escenario modelado . . . . .	60
4.2. Eficiencia Computacional . . . . .	63
4.2.1. Mediciones Realizadas . . . . .	63
4.2.2. Resultados . . . . .	64
4.2.3. Conclusiones . . . . .	67
4.3. Modelo Vehicular . . . . .	68
4.3.1. Mediciones Realizadas . . . . .	68
4.3.2. Resultados . . . . .	69
4.3.3. Conclusiones . . . . .	72
<b>5. Conclusión</b>	<b>73</b>
5.1. Conclusiones generales . . . . .	73
5.2. Cumplimiento de objetivos . . . . .	74
5.3. Trabajo futuro . . . . .	75
<b>Bibliografía</b>	<b>77</b>
<b>A. TraCI</b>	<b>81</b>
A.0.1. Diseño . . . . .	81
<b>B. Paramics API</b>	<b>85</b>
B.1. Categorías de Funciones . . . . .	85
B.1.1. Funciones QPO . . . . .	85
B.1.2. Funciones QPX . . . . .	86
B.1.3. Funciones QPG . . . . .	86
B.1.4. Funciones QPS . . . . .	86
B.2. Dominios . . . . .	87
<b>C. Códigos</b>	<b>88</b>

# Índice de Tablas

2.1. Tabla comparativa simuladores de tráfico. . . . .	14
4.1. Especificaciones técnicas del entorno de simulación. . . . .	62
4.2. Factor de demanda vs. cantidad promedio de vehículos . . . . .	63
4.3. Cantidad de vehículos vs. tiempo real de simulación . . . . .	64
4.4. Comparación simulaciones de 15 y 120 minutos de duración . . . . .	70

# Índice de Ilustraciones

1.1. Integración bidireccional de Paramics con OMNeT++.	3
2.1. Entorno de simulación gráfica de OMNeT++.	17
2.2. Evolución de simulaciones integradas.	19
3.1. Visión macroscópica del framework	24
3.2. Arquitectura preliminar.	26
3.3. Arquitectura final del <i>framework</i>	28
3.4. Estructura de archivos del código fuente del framework.	32
3.5. Gráfico de dependencia entre los componentes del <i>framework</i> .	33
3.6. Diagrama de herencia, <code>VariableSubscription</code>	41
3.7. Definición del preprocesador vs. variable constante estática	55
3.8. Red de transporte utilizada para las pruebas preliminares.	57
3.9. <i>Test</i> de cambio de ruta	58
4.1. Escenario modelado, Paramics vs. “vida real”.	61
4.2. Cantidad de vehículos vs. tiempo real de simulación	65
4.3. Evolución temporal de la cantidad de vehículos en la simulación.	66
4.4. Carga sobre el sistema durante una simulación	66
4.5. I/O en disco durante simulación	67
4.6. Comparación cantidad de vehículos que alcanzaron su destino	69
4.7. Distancia vs. tiempo total	71
4.8. Distancia vs. CO <sup>2</sup> total	71
A.1. Formatos de mensajes TraCI	82
A.2. Ejemplo solicitud de variable TraCI.	83
A.3. Flujo de comunicación TraCI.	84