

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	2
ÍNDICE DE FIGURAS	6
INTRODUCCIÓN	9
PARTE I: EL ENTORNO DEL PROYECTO	10
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES	11
1.1.- ANTECEDENTES.....	11
1.1.1- Hitos Históricos.....	11
1.1.2.- Antecedentes en Estados Unidos.....	13
1.1.3.- Antecedentes en el continente Africano.....	14
1.1.4.- Antecedentes en Australia.....	14
1.1.5.- Antecedentes en el continente Asiático.....	15
1.1.6.- Antecedentes en América Latina.....	15
1.1.7.- Antecedentes en Bolivia.....	16
1.1.8.- Antecedentes en el Oriente Boliviano.....	18
1.2.- ACTUALIDAD.....	18
1.2.1.- Nuevas formas de Energía	19
1.2.2.- Trenes de Alta Velocidad.....	19
1.2.3.- Transporte Intermodal.....	20
1.3.- FERROVIARIA ORIENTAL S.A.....	22
1.3.1.- Misión	24
1.3.2.- Visión	24
1.3.3.- Objetivos Estratégicos.....	25
1.3.4.- Servicios.....	25
1.3.5.- Cifras y Datos de la Gestión 2005.....	27
1.3.6.- Responsabilidad Social	28
CAPÍTULO 2: OBJETIVOS DEL PROYECTO	33
2.1.- DESCRIPCION DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION.....	33
2.1.1.- Planeamiento de Cruzamientos de Trenes	33
2.2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	39
2.2.1.- Objetivo General	39
2.2.2.- Objetivos Específicos.....	39

2.3.- ALCANCE DEL PROYECTO	40
2.3.1.- Cruzamiento de Trenes.....	40
2.3.2.- Salida de Trenes	40
2.3.3.- Elaboración de Surcos.....	40
PARTE II: MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO	41
CAPÍTULO 3: EL FERROCARRIL.....	42
3.1.-TRENES.....	42
3.1.1.- Locomotoras o Material Tractivo	43
3.1.2.- Material Rodante.....	43
3.2.-ESTACIONES	44
3.2.1.- Tipos de Estaciones.....	45
3.3.- VIAS FERREAS	47
3.3.1.- Elementos de la Infraestructura.....	48
3.3.2.- Tipos de Vía	53
CAPÍTULO 4: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MEDIANTE TÉCNICAS HEURÍSTICAS	55
4.1.- RESOLUCIÓN DE UN PROBLEMA MEDIANTE BÚSQUEDA HEURÍSTICA	56
4.1.1.- Elementos de un Problema de Búsqueda	56
4.1.2.- Modelización.....	57
4.1.3.- Problemas Multimodales.....	57
4.1.4.- Problemas con Restricciones.....	58
4.2.- MÉTODO DE BÚSQUEDA: BÚSQUEDA EXHAUSTIVA	59
4.3.- PROBLEMA DE ENCONTRAR LA RUTA MÁS CORTA DE UNA CIUDAD A OTRA	60
4.3.1.- Elementos del Problema.....	60
4.3.2.- Solución Mediante Búsqueda Exhaustiva y Backtracking.....	61
4.4.- PROBLEMA DE CRUZAMIENTO DE TRENES	63
CAPÍTULO 5: EL PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE.....	67
5.1.- DEFINICIÓN DEL PROCESO UNIFICADO	68
5.2.- FASES Y FLUJOS DE TRABAJO	72

PARTE III: DESARROLLO DEL PROYECTO	84
CAPÍTULO 6: MODELO DEL NEGOCIO Y CAPTURA DE REQUISITOS	85
6.1.- MODELO DEL NEGOCIO	85
6.1.1.- Modelo de Casos de Uso del Negocio	85
6.1.2.- Modelo de Objetos del Negocio.....	86
6.2.- CAPTURA DE REQUISITOS COMO CASOS DE USO	92
6.2.1.- Identificación y Especificación de Actores.....	92
6.2.2.- Identificación de Casos de Uso	93
6.2.3.- Priorización de Casos de Uso.....	94
6.2.4.- Especificación de Casos de Uso.....	94
6.2.5.- Diagrama General de Casos de Uso.....	100
CAPÍTULO 7: ANÁLISIS DEL PROYECTO	101
7.1.- ANÁLISIS DE LA ARQUITECTURA.....	101
7.2.- ANÁLISIS DE CASOS DE USO	102
7.3.- ANÁLISIS DE CLASES	109
7.3.1.- Clases de Interfaz	109
7.3.2.- Clases de Control	112
7.3.3.- Clases de Entidad	115
7.4.- ANÁLISIS DE PAQUETES.....	116
7.4.1.- Dependencia entre Paquetes.....	116
7.4.2.- Diagramas de Clases por Paquete	117
CAPÍTULO 8: DISEÑO DEL PROYECTO.....	120
8.1.- DISEÑO DE LA ARQUITECTURA	120
8.1.1.- Identificación de Nodos y Componentes.....	120
8.2.- DISEÑO DE CASOS DE USO.....	121
8.3.- DIAGRAMAS DE CLASES	128
8.4.- DISEÑO DE DATOS	134
CAPÍTULO 9: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL PROYECTO	139
9.2.- TRANSFORMACIÓN DE LOS MODELOS DE DISEÑO EN CÓDIGO. 141	

9.3.- IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES	141
9.3.1.- Componentes a partir de la clase Tren	141
9.3.2.- Componentes a partir de la clase TrenEnTransito	142
9.3.3.- Componentes a partir de la clase Recorrido	145
9.3.4.- Componentes a partir de la clase Estacion	145
9.3.5.- Componentes a partir de la clase EstadoTransito	146
9.3.6.- Componentes a partir de la clase Motor	153
9.3.7.- Componentes a partir de la clase Cruzamiento	155
9.3.8.- Componentes a partir de la clase Paso	155
9.3.9.- Componentes a partir de la clase Solucion	156
9.3.10.- Componentes a partir de la clase Server	157
9.3.11.- Componentes a partir de la clase Simulacion	157
9.3.12.- Componentes a partir de la clase Graficador	158
9.3.13.- Componentes a partir de la clase Service	159
9.4.- IDENTIFICACIÓN DE SUBSISTEMAS DE IMPLEMENTACION	160
9.4.1.- Subsistema Trenes	160
9.4.2.- Subsistema Heurística	161
9.4.3.- Subsistema Remoting	161
9.4.4.- Subsistema ClienteT	161
9.4.5.- Subsistema TrafService	162
9.5.- PLANIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS	162
9.6.- PRUEBAS DE UNIDAD	162
9.7.- PRUEBAS DE INTEGRACIÓN	163
9.8.- PRUEBAS DE SISTEMA	163
CONCLUSIONES	164
FUENTES DE INFORMACION	165
ANEXO A: PANTALLAS DEL SISTEMA	169
ANEXO B: CARTAS	169

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1: Locomotora construída por George Stephenson en 1825</i>	12
<i>Figura 1.2: Tren de Gran Velocidad Francés</i>	20
<i>Figura 1.3: Ruta cubierta por la Empresa Ferroviaria Oriental</i>	22
<i>Figura 1.4: Vagones para transporte de productos químicos pertenecientes a la empresa Ferroviaria Oriental</i>	23
<i>Figura 1.5: Trenes en la Terminal Ferroviaria de Puerto Quijarro</i>	23
<i>Figura 1.6: Locomotora con vagones de carga de la empresa Ferroviaria Oriental</i>	24
<i>Figura 1.7: Ferrobús perteneciente a la empresa Ferroviaria Oriental</i>	27
<i>Figura 1.8: Niños aprendiendo con el Tren de Vida</i>	29
<i>Figura 1.9: Revista “Sobre Rieles”</i>	30
<i>Figura 1.10: Mapa Ferroviario elaborado por la empresa Ferroviaria Oriental</i>	31
<i>Figura 1.11: Vagón-Tanque acondicionado para el transporte de agua</i>	32
<i>Figura 2.1: Cruzamiento de trenes</i>	34
<i>Figura 2.2: Puesto de Control de Trenes de la Empresa Ferroviaria Oriental</i>	35
<i>Figura 2.3: Gráfico de Regulación de Trenes</i>	36
<i>Figura 2.4: Estación Ferroviaria de Cotoca</i>	37
<i>Figura 2.5: Estación Ferroviaria de San José</i>	37
<i>Figura 3.1: Vagón jaula para el transporte de ganado</i>	44
<i>Figura 3.2: Vagón para transporte de contenedores perteneciente a Ferroviaria Oriental</i>	44
<i>Figura 3.3: Disposición de una estación de pasajeros</i>	45
<i>Figura 3.4: Estación de paso para pasajeros</i>	46
<i>Figura 3.5: Vía Férrea, sector Este</i>	47
<i>Figura 3.10: Riel utilizada por Ferroviaria Oriental</i>	48
<i>Figura 3.6: Antiguos rieles de vientre de pez</i>	49
<i>Figura 3.7: Riel de tipo Vignol</i>	49
<i>Figura 3.8: Acopio de Balasto</i>	50
<i>Figura 3.9: Vía Férrea con durmientes de hormigón</i>	51
<i>Figura 3.10: Tirafondo: utilizado para la sujeción de la vía</i>	51
<i>Figura 3.11: Aparatos de vía (Sapo)</i>	52
<i>Figura 3.12: Semáforo para desvío</i>	52
<i>Figura 3.13: Ancho de Vía</i>	53
<i>Figura 4.1: Problema de determinación de ruta</i>	60
<i>Figura 4.2: Primer solución hallada siguiendo los nodos cuyo costo de ruta sea menor</i>	61
<i>Figura 4.3: Después de explorar todos los nodos, se da con la solución óptima</i>	62
<i>Figura 4.4: Proyección de Cruzamientos entre dos trenes</i>	63
<i>Figura 4.5: El ferrobús espera en la primera estación al tren de pasajeros</i>	64
<i>Figura 4.6: El tren de pasajeros espera en la segunda estación al ferrobús</i>	65
<i>Figura 5.1: Elementos de los Casos de Uso</i>	69
<i>Figura 5.2: Fases o flujos de iteración</i>	72
<i>Figura 5.3: Porcentajes de duración y esfuerzo típicos necesarios</i>	78
<i>Figura 5.4: Flujos de Trabajo Fundamentales</i>	78
<i>Figura 6.1: Modelo de Casos de Uso del Negocio</i>	86
<i>Figura 6.2: Diagrama de Actividades: Graficar Recorrido</i>	87
<i>Figura 6.3: Diagrama de Actividades: Realizar Proyección</i>	88
<i>Figura 6.4: Diagrama de Actividades: Determinar Horario de Salida</i>	89
<i>Figura 6.5: Diagrama de Actividades: Elaborar Surcos de Trenes</i>	90
<i>Figura 6.6: Diagrama de Actividades: Consultar Horario de Llegada de tren a estación</i>	91
<i>Figura 6.7: Priorización de Casos de Uso</i>	94
<i>Figura 6.8: Caso de Uso: Realizar Proyección</i>	95

Figura 6.9: Caso de Uso: Determinar Horario de Salida	96
Figura 6.10: Caso de Uso: Elaborar Surcos de Trenes	97
Figura 6.11: Caso de Uso: Consultar Hora de Llegada de trenes a estaciones	98
Figura 6.12: Caso de Uso: Graficar Recorrido	99
Figura 6.13: Diagrama de Paquetes	100
Figura 7.1: Diagrama de Paquetes	101
Figura 7.2: Diagrama de Colaboración: Realizar Proyección	103
Figura 7.3: Diagrama de Colaboración: Determinar Horario de Salida	104
Figura 7.4: Diagrama de Colaboración: Elaborar Surcos de Trenes	105
Figura 7.5: Diagrama de Colaboración: Consultar Hora de Llegada de trenes a estaciones	106
Figura 7.6: Diagrama de Colaboración: Graficar Recorrido	107
Figura 7.7: Diagrama de Colaboración: Resolver Simulación	108
Figura 7.8: Análisis de la clase FrmMain	109
Figura 7.9: Análisis de la clase FrmElegirTren	110
Figura 7.10: Análisis de la clase FrmNewSimSimpl	110
Figura 7.11: Análisis de la clase FrmNewtrenHVar	111
Figura 7.12: Análisis de la clase Server	112
Figura 7.13: Análisis de la clase Simulacion	112
Figura 7.14: Análisis de la clase Motor	113
Figura 7.15: Análisis de la clase EstadoTransito	113
Figura 7.16: Análisis de la clase TrenEnTransito	114
Figura 7.17: Análisis de la clase Cruzamiento	114
Figura 7.18: Análisis de la clase Paso	115
Figura 7.19: Análisis de la clase BRecorrido	115
Figura 7.20: Diagrama de Dependencia entre Paquetes	116
Figura 7.21: Diagrama de Clases por Paquete. Paquete: Trenes	117
Figura 7.22: Diagrama de Clases por Paquete. Paquete: Remoting	118
Figura 7.23: Diagrama de Clases por Paquete. Paquete: Heurística	118
Figura 7.24: Diagrama de Clases por Paquete. Paquete: Gráficos	118
Figura 7.25: Diagrama de Clases por Paquete. Paquete: Forms	119
Figura 7.26: Diagrama de Clases por Paquete. Paquete: TrafService	119
Figura 8.1: Diagrama de Despliegue	121
Figura 8.2: Diagrama de Secuencia: Realizar Proyección	122
Figura 8.3: Diagrama de Secuencia: Determinar Horario de Salida	123
Figura 8.4: Diagrama de Secuencia: Elaborar Surcos de Trenes	124
Figura 8.5: Diagrama de Secuencia: Consultar Hora de Llegada de trenes a estaciones	125
Figura 8.6: Diagrama de Secuencia: Graficar Recorrido	126
Figura 8.7: Diagrama de Secuencia: Resolver Simulación	127
Figura 8.8: Diagrama de Clases: Paquete Trenes	129
Figura 8.9: Diagrama de Clases: Paquete Heurística	130
Figura 8.10: Diagrama de Clases: Paquete Remoting	131
Figura 8.11: Diagrama de Clases: Paquete Forms	132
Figura 8.12: Diagrama de Clases: Paquete Gráficos	133
Figura 8.13: Diagrama de Clases: Paquete TrafService	133
Figura 8.14: Diseño de Datos. Tabla: TTren	134
Figura 8.15: Diseño de Datos. Tabla: TEstacion	135
Figura 8.16: Diseño de Datos. Tabla: TTren_Tipos	135
Figura 8.17: Diseño de Datos. Tabla: TItinerario	136
Figura 8.18: Diseño de Datos. Tabla: TItinerario_Estacion	136
Figura 8.19: Diseño de Datos. Tabla: TBoletin_Tren	137
Figura 8.20: Diseño de Datos. Tabla: TBoletin_Recorrido	138
Figura 9.1: Identificación de componentes a partir de la clase Tren	142
Figura 9.2: Identificación de componentes a partir de la clase TrenEnTransito	143
Figura 9.3: Segmento de código dentro de TrenEnTransito, método AvanzarSgteEstacion	144

Figura 9.4: Identificación de componentes a partir de la clase Recorrido.....	145
Figura 9.5: Identificación de componentes a partir de la clase Estacion.....	146
Figura 9.6: Identificación de componentes a partir de la clase EstadoTransito.....	147
Figura 9.7: Segmento de código dentro de EstadoTransito, método GetSgteCruzamiento.....	149
Figura 9.8: Segmento de código dentro de EstadoTransito, método AvanzarHastaCruzar.....	152
Figura 9.9: Identificación de componentes a partir de la clase Motor.....	153
Figura 9.10: Método GetSolution dentro del componente Motor.cs.....	154
Figura 9.11: Identificación de componentes a partir de la clase Cruzamiento.....	155
Figura 9.12: Identificación de componentes a partir de la clase Paso.....	156
Figura 9.13: Identificación de componentes a partir de la clase Solucion.....	156
Figura 9.14: Identificación de componentes a partir de la clase Server.....	157
Figura 9.15: Identificación de componentes a partir de la clase Simulacion.....	158
Figura 9.16: Identificación de componentes a partir de la clase Graficador.....	159
Figura 9.17: Identificación de componentes a partir de la clase Service.....	160
Figura 9.18: Identificación del subsistema Trenes.....	160
Figura 9.19: Identificación del subsistema Heuristica.....	161
Figura 9.20: Identificación del subsistema Remoting.....	161
Figura 9.21: Identificación del subsistema ClienteT.....	161
Figura 9.22: Identificación del subsistema TrafService.....	162
i. Pantalla con Simulación Realizada sobre el Tráfico Actual de Trenes.....	169
ii. Pantalla Para Añadir/Editar Trenes de una Simulación.....	170
iii. Pantalla con Información de Cruzamientos y Pasos de Trenes de una Simulación.....	171
iv. Pantalla con Ampliación Realizada al Gráfico de una Simulación.....	172