



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

INGENIERÍA SUPERIOR EN INFORMÁTICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

SISTEMA DE VISUALIZACIÓN DE MAPAS DE

CONTAMINACIÓN DE MADRID

AUTOR:
DIRECTORES:

FERNANDO BERAZA MEIRO
DAVID EXPÓSITO SINGH
MARÍA CRISTINA MARINESCU

24 de Junio de 2010

Índice de Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 TEMA ABORDADO	9
1.2 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO.....	10
1.3 LÍMITES.....	10
1.4 METODOLOGÍA	10
CAPÍTULO 2. DOCUMENTO DE OBJETIVOS DEL PROYECTO	12
2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO	12
2.2 ALCANCE	12
2.3 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	13
CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL PROYECTO	17
3.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	17
3.1.1 <i>La Red de Vigilancia de la Calidad del Aire</i>	17
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	18
3.3 DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS DEL SISTEMA	19
3.3.1 <i>Identificación de requisitos de usuario</i>	19
3.3.2 <i>Catálogo de requisitos de capacidad</i>	22
3.3.3 <i>Catálogo de requisitos de restricción</i>	30
3.4 ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	33
3.4.1 <i>Desarrollo íntegro del sistema</i>	34
3.4.2 <i>Incorporación de servicios externos</i>	35
3.4.2.1 Google Maps	36
3.4.2.2 WMS SIGPAC.....	37
3.4.2.3 Comparativa entre Google Maps y WMS SIGPAC	38
3.4.3 <i>Empleo de Google Maps y librerías especializadas</i>	39
3.4.3.1 <i>La Librería CGAL</i>	41
3.5 VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS: BENEFICIOS, COSTES Y RIESGOS	41
3.5.1 <i>Desarrollo íntegro del sistema</i>	41
3.5.2 <i>Incorporación de servicios externos</i>	42
3.5.3 <i>Empleo de Google Maps y librerías especializadas</i>	42
3.6 SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN	43
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DEL SISTEMA	44
4.1 DEFINICIÓN DEL SISTEMA	44
4.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS REQUISITOS SOFTWARE	46
4.2.1 <i>Identificación de los Casos de Uso</i>	46
4.2.2 <i>Especificación de los Casos de Uso</i>	52
4.3 ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS SOFTWARE	65
4.3.1 <i>Requisitos Funcionales</i>	66
4.3.1 <i>Requisitos de Rendimiento</i>	82
4.3.1 <i>Requisitos de Interfaz</i>	85
4.4 ANÁLISIS DE CLASES	90
4.5 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE REQUISITOS.....	102
CAPÍTULO 5. DISEÑO ARQUITECTÓNICO	105
5.1 DEFINICIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA	105

5.1.1 Diseño de la Arquitectura del Sistema.....	105
5.2 ESPECIFICACIÓN DEL ENTORNO TECNOLÓGICO.....	109
5.2.1 Cliente web.....	109
5.2.1.1 Hardware.....	109
5.2.1.2 Software.....	109
5.2.1 Cliente Móvil.....	109
5.2.1.1 Hardware.....	109
5.2.1.2 Software.....	110
5.2.1.2 Comunicaciones.....	110
5.2.1 Servidor.....	110
5.2.1.1 Hardware.....	110
5.2.1.2 Software.....	110
5.3 DISEÑO DE CASOS DE USO REALES.....	111
5.3.1 Especificación de Casos de Uso Reales.....	111
5.3.2 Algoritmo de Interpolación de la Librería CGAL.....	123
5.3.3 Valoración del Riesgo para la Salud.....	126
5.4 DISEÑO DE CLASES.....	129
5.4.1 Especificación del Modelo de Clases de Diseño.....	129
5.5 DISEÑO FÍSICO DE DATOS.....	142
CAPÍTULO 6. CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS E IMPLANTACIÓN.....	149
6.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA.....	149
6.1.1 Interfaz web.....	149
6.1.2 Interfaz del dispositivo móvil.....	168
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....	170
7.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	170
7.2 TRABAJOS FUTUROS.....	172
CAPÍTULO 8. PRESUPUESTO.....	173
8.1 PERSONAL.....	173
8.2 HARDWARE.....	174
8.3 SOFTWARE.....	175
8.4 OTROS GASTOS.....	175
8.5 PRESUPUESTO FINAL.....	175
CAPÍTULO 9. GLOSARIO.....	177
9.1 ACRÓNIMOS Y DEFINICIONES.....	177
9.1.1 Acrónimos.....	177
9.2 REFERENCIAS.....	178
APÉNDICE A. MANUALES DE USUARIO.....	182
A.1 MANUAL DE INSTALACIÓN.....	182
A.2 MANUAL DE EJECUCIÓN.....	183

Índice de Tablas

Tabla 1. Requisito de Capacidad UR-C001	22
Tabla 2. Requisito de Capacidad UR-C002	22
Tabla 3. Requisito de Capacidad UR-C004	22
Tabla 4. Requisito de Capacidad UR-C005	23
Tabla 5. Requisito de Capacidad UR-C007	23
Tabla 6. Requisito de Capacidad UR-C008	23
Tabla 7. Requisito de Capacidad UR-C009	24
Tabla 8. Requisito de Capacidad UR-C009	24
Tabla 9. Requisito de Capacidad UR-C010	24
Tabla 10. Requisito de Capacidad UR-C007	25
Tabla 11. Requisito de Capacidad UR-C011	25
Tabla 12. Requisito de Capacidad UR-C012	25
Tabla 13. Requisito de Capacidad UR-C013	26
Tabla 14. Requisito de Capacidad UR-C014	26
Tabla 15. Requisito de Capacidad UR-C015	26
Tabla 16. Requisito de Capacidad UR-C016	27
Tabla 17. Requisito de Capacidad UR-C017	27
Tabla 18. Requisito de Capacidad UR-C018	27
Tabla 19. Requisito de Capacidad UR-C019	28
Tabla 20. Requisito de Capacidad UR-C019	28
Tabla 21. Requisito de Capacidad UR-C019	28
Tabla 22. Requisito de Capacidad UR-C019	29
Tabla 23. Requisito de Capacidad UR-C023	29
Tabla 24. Requisito de Capacidad UR-C019	29
Tabla 25. Requisito de Restricción UR-R001	30
Tabla 26. Requisito de Restricción UR-R002	30
Tabla 27. Requisito de Restricción UR-R003	30
Tabla 28. Requisito de Restricción UR-R004	31
Tabla 29. Requisito de Restricción UR-R005	31
Tabla 30. Requisito de Restricción UR-R006	31
Tabla 31. Requisito de Restricción UR-R006	32
Tabla 32. Comparativa de Google Maps, Web Map Service y SIGPAC.	39
Tabla 33. Especificación del Caso de Uso UC-001	53
Tabla 34. Especificación del Caso de Uso UC-002	54
Tabla 35. Especificación del Caso de Uso UC-003	55
Tabla 36. Especificación del Caso de Uso UC-004	56
Tabla 37. Especificación del Caso de Uso UC-005	57
Tabla 38. Especificación del Caso de Uso UC-006	57
Tabla 39. Especificación del Caso de Uso UC-007	58
Tabla 40. Especificación del Caso de Uso UC-008	58
Tabla 41. Especificación del Caso de Uso UC-009	59

Tabla 42. Especificación del Caso de Uso UC-010.....	59
Tabla 43. Especificación del Caso de Uso UC-011.....	60
Tabla 44. Especificación del Caso de Uso UC-012.....	60
Tabla 45. Especificación del Caso de Uso UC-013.....	61
Tabla 46. Especificación del Caso de Uso UC-0014.....	62
Tabla 47. Especificación del Caso de Uso UC-015.....	63
Tabla 48. Especificación del Caso de Uso UC-016.....	63
Tabla 49. Especificación del Caso de Uso UC-017.....	64
Tabla 50. Requisito de Software SR-F001.....	66
Tabla 51. Requisito de Software SR-F002.....	66
Tabla 52. Requisito de Software SR-F003.....	67
Tabla 53. Requisito de Software SR-F004.....	67
Tabla 54. Requisito de Software SR-F005.....	67
Tabla 55. Requisito de Software SR-F006.....	68
Tabla 56. Requisito de Software SR-F007.....	68
Tabla 57. Requisito de Software SR-F008.....	69
Tabla 58. Requisito de Software SR-F009.....	69
Tabla 59. Requisito de Software SR-F010.....	69
Tabla 60. Requisito de Software SR-F011.....	70
Tabla 61. Requisito de Software SR-F012.....	70
Tabla 62. Requisito de Software SR-F013.....	71
Tabla 63. Requisito de Software SR-F014.....	71
Tabla 64. Requisito de Software SR-F015.....	72
Tabla 65. Requisito de Software SR-F016.....	73
Tabla 66. Requisito de Software SR-F017.....	73
Tabla 67. Requisito de Software SR-F018.....	74
Tabla 68. Requisito de Software SR-F019.....	74
Tabla 69. Requisito de Software SR-F020.....	75
Tabla 70. Requisito de Software SR-F021.....	75
Tabla 71. Requisito de Software SR-F022.....	76
Tabla 72. Requisito de Software SR-F023.....	76
Tabla 73. Requisito de Software SR-F024.....	76
Tabla 74. Requisito de Software SR-F025.....	77
Tabla 75. Requisito de Software SR-F026.....	77
Tabla 76. Requisito de Software SR-F027.....	77
Tabla 77. Requisito de Software SR-F028.....	78
Tabla 78. Requisito de Software SR-F029.....	78
Tabla 79. Requisito de Software SR-F030.....	78
Tabla 80. Requisito de Software SR-F031.....	79
Tabla 81. Requisito de Software SR-F032.....	79
Tabla 82. Requisito de Software SR-F033.....	79
Tabla 83. Requisito de Software SR-F034.....	80
Tabla 84. Requisito de Software SR-F035.....	80
Tabla 85. Requisito de Software SR-F036.....	80
Tabla 86. Requisito de Software SR-F037.....	81

Tabla 87. Requisito de Software SR-F038	81
Tabla 88. Requisito de Rendimiento SR-R001.....	82
Tabla 89. Requisito de Rendimiento SR-R002.....	82
Tabla 90. Requisito de Rendimiento SR-R003.....	82
Tabla 91. Requisito de Rendimiento SR-R004.....	83
Tabla 92. Requisito de Rendimiento SR-R005.....	83
Tabla 93. Requisito de Rendimiento SR-R006.....	83
Tabla 94. Requisito de Rendimiento SR-R007.....	84
Tabla 95. Requisito de Interfaz SR-I001	85
Tabla 96. Requisito de Interfaz SR-I002	85
Tabla 97. Requisito de Interfaz SR-I003	85
Tabla 98. Requisito de Interfaz SR-I004	86
Tabla 99. Requisito de Interfaz SR-I005	86
Tabla 100. Requisito de Interfaz SR-I006	86
Tabla 101. Requisito de Interfaz SR-I007	87
Tabla 102. Requisito de Interfaz SR-I008	87
Tabla 103. Requisito de Interfaz SR-I009	87
Tabla 104. Requisito de Interfaz SR-I010	88
Tabla 105. Requisito de Interfaz SR-I011	88
Tabla 106. Requisito de Interfaz SR-I012	88
Tabla 107. Requisito de Interfaz SR-I013	89
Tabla 108. Requisito de Interfaz SR-I014	89
Tabla 109. Requisito de Software SR-F015	89
Tabla 110. Trazabilidad de Req. de Usuario con Req. Software (1/2)	103
Tabla 111. Trazabilidad de Req. de Usuario con Req. Software (2/2)	104
Tabla 112. Niveles de concentraciones de riesgo para la salud.....	127
Tabla 113. Descripción de los campos de la tabla Medida.	144
Tabla 114. Descripción de los campos de la tabla Contaminante.	144
Tabla 115. Descripción de los campos de la tabla Mapa.	145
Tabla 116. Descripción de los campos de la tabla Estación.....	146
Tabla 117. Descripción de los campos de la tabla Mapa_Pseudoestacion.....	146
Tabla 118. Descripción de los elementos DTD del fichero de pseudoestaciones.....	148
Tabla 119. Recursos de personal del proyecto.	173
Tabla 120. Coste de Personal del proyecto.....	173
Tabla 121. Coste Hardware del proyecto.....	174
Tabla 122. Coste Software del proyecto.	175
Tabla 123. Otros Costes del proyecto.	175
Tabla 124. Desglose de costes totales del proyecto.	176

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Ciclo de vida del proyecto	11
Ilustración 2. Diagrama de Gantt del proyecto (1/2).....	15
Ilustración 3. Diagrama de Gantt del proyecto (2/2).....	16
Ilustración 4. Partes funcionales del sistema.....	44
Ilustración 5. Diagrama de Casos de Uso. Actores del sistema.....	47
Ilustración 6. Diagrama de Casos de Uso. Actor Usuario Visitante.....	48
Ilustración 7. Diagrama de Casos de Uso. Actor Administrador.	49
Ilustración 8. Diagrama de Casos de Uso. Actores Google Maps y Google Chart Tools.	50
Ilustración 9. Diagrama de Casos de Uso. Actor Librería CGAL.....	51
Ilustración 10. Diagrama de Casos de Uso. Actores Time y Servicio web RVCA.	51
Ilustración 11. Diagrama de Casos de Uso. Actor Dispositivo GPS.	52
Ilustración 12. Diagrama de Clases del Contexto del Sistema.	90
Ilustración 13. Diagrama de Clases del Sistema de información.	91
Ilustración 14. Diagrama de Clases del Servidor de Mapas.	92
Ilustración 15. Diagrama de Clases del Generador de Mapas.	94
Ilustración 16. Diagrama de Clases del Modelo de Negocio (1/2).....	96
Ilustración 17. Diagrama de Clases del Modelo de Negocio (2/2).....	97
Ilustración 18. Diagrama de Clases del Sistema Gestor de Bases de Datos.....	98
Ilustración 19. Diagrama de Clases de ClienteMóvil.	99
Ilustración 20. Diagrama de Clases del Recolector de Mediciones.	101
Ilustración 21. Diagrama de Componentes del Sistema.	106
Ilustración 22. Diagrama de Secuencia SD-001 MostrarMapaContaminación.	114
Ilustración 23. Diagrama de Secuencia SD-002 ElaborarCapaContaminación.....	116
Ilustración 24. Diagrama de Secuencia SD-003 MostrarMapaRuta.....	118
Ilustración 25. Diagrama de Secuencia SD-004 DescargarMapaRuta.....	120
Ilustración 26. Diagrama de Secuencia SD-005 RecolectarDatosEstaciones.	122
Ilustración 27. Ejemplo de Diagrama de Voronoi.	124
Ilustración 28. Ejemplo de inserción de un nuevo punto en el Diagrama de Voronoi.	124
Ilustración 29. Representación de la Función de Interpolación Lineal.	125
Ilustración 30. Representación de la Función de Interpolación Continua de Sibson.	125
Ilustración 31. Representación de la Función Continua de Farin.	126
Ilustración 32. Diagrama de Clases de Diseño del paquete servidor (1/2).....	130
Ilustración 33. Diagrama de Clases de Diseño del paquete servidor (2/2).....	131
Ilustración 34. Diagrama de Clases de Diseño del paquete <i>modelo</i> (1/2).....	132
Ilustración 35. Diagrama de Clases de Diseño del paquete <i>modelo</i> (2/2).....	133
Ilustración 36. Diagrama de Clases de Diseño del paquete <i>mapa</i>	135
Ilustración 37. Diagrama de Clases de Diseño del paquete <i>bd</i>	136
Ilustración 38. Diagrama de Clases de Diseño del paquete <i>debug</i>	137
Ilustración 39. Diagrama de Clases de Diseño del paquete <i>recolector</i> (1/3).....	138
Ilustración 40. Diagrama de Clases de Diseño del paquete <i>recolector</i> (2/3).....	139
Ilustración 41. Diagrama de Clases de Diseño del paquete <i>recolector</i> (3/3).....	140
Ilustración 42. Diagrama de Clases de Diseño del paquete <i>clientemovil</i>	142

Ilustración 43. Modelo relacional de la base de datos.	143
Ilustración 44. Definición DTD del fichero de pseudoestaciones.....	147
Ilustración 45. Captura de la interfaz principal del sistema.....	150
Ilustración 46. Captura de la interfaz del menú de contaminantes (1/2).....	151
Ilustración 47. Captura de la interfaz del menú de contaminantes (2/2).....	152
Ilustración 48. Captura de la interfaz de un mapa de contaminación sin pseudoestaciones. ...	153
Ilustración 49. Captura de la interfaz del mensaje de información de un mapa de contaminación.	154
Ilustración 50. Captura de la interfaz de un mapa de contaminación con pseudoestaciones. ...	155
Ilustración 51. Captura de la interfaz de las estaciones y pseudoestaciones utilizadas en el mapa.	157
Ilustración 52. Captura de la interfaz de un mensaje de información de una estación.	159
Ilustración 53. Captura de la interfaz del mapa de ruta con perfil por defecto.	161
Ilustración 54. Captura de la interfaz del mensaje de información de la ruta cargada.	162
Ilustración 55. Captura de la interfaz del formulario de perfil personalizado.	162
Ilustración 56. Captura de la interfaz de un mapa de ruta con perfil personalizado (1/2).....	163
Ilustración 57. Captura de la interfaz de un mapa de ruta con perfil personalizado (2/2).....	165
Ilustración 58. Captura de la interfaz del gráfico de exposición a lo largo de la ruta.	166
Ilustración 59. Captura de la interfaz del gráfico de evolución de la exposición a lo largo del día.	167
Ilustración 60. Captura de la interfaz del gráfico de evolución de la exposición a lo largo de la semana.	167
Ilustración 61. Captura de la interfaz inicial del dispositivo móvil.....	168
Ilustración 62. Captura de la interfaz móvil de un mapa de contaminación.	169
Ilustración 63. Captura de la interfaz móvil de un mapa de ruta.	169

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 TEMA ABORDADO

La atmósfera es la envoltura gaseosa que rodea a la Tierra. Comenzó a formarse hace unos 4.600 millones de años con el nacimiento de la Tierra. La mayor parte de la atmósfera primitiva se perdería en el espacio entonces, pero nuevos gases y vapor de agua se fueron liberando de las rocas que forman nuestro planeta.

El aire en la atmósfera es una mezcla formada por una veintena de gases, cuyas proporciones relativas se mantienen constantes, hasta una altura aproximada de 2,5 km. Los gases fundamentales que forman la atmósfera son:

- Nitrógeno (N₂): 78,084 %
- Oxígeno (O₂) : 20,940 %
- Argón (Ar): 0,934 %
- Dióxido de carbono (CO₂): 0,032 %

La alteración de la composición normal del aire de la atmósfera es un hecho que se viene produciendo incluso desde antes de aparecer el hombre sobre la tierra: erupciones volcánicas, terremotos, incendios forestales, emanaciones de pantanos, etc., eran y son fuentes naturales de emisión que lanzan al aire grandes cantidades de sustancias ajenas a su composición habitual.

El espectacular desarrollo de los medios de transporte de tracción mecánica y el incremento del bienestar han sido igualmente características destacadas en el cambio de su composición desde los inicios del pasado siglo. Junto a la industrialización y el bienestar que ocasiona el aumento del nivel de vida, aparece uno de los mayores problemas que el hombre ha conocido: **la contaminación atmosférica**.

Se entiende por contaminación atmosférica la presencia en el aire de sustancias o formas de energía que implican riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza. Cuando estas materias o fuentes de energía ponen, o es probable que pongan, en peligro directa o indirectamente la salud del hombre, su bienestar o recursos, son denominadas contaminantes.

Hay varios tipos de contaminación:

Contaminación causada por sustancias es la que se produce cuando se incorporan a la atmósfera compuestos sólidos, líquidos o gaseosos que alteran su normal composición. La contaminación relacionada con formas de energía es la producida por radiaciones, vibraciones, ruido, ionizantes, etc.

1.2 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

La nueva legislación europea, concienciada con la contaminación atmosférica, viene imponiendo desde principios de siglo XXI a los estados miembros unos criterios más restrictivos a la hora de evitar, prevenir y reducir la degradación de la calidad del aire mediante su evaluación, obligando a informar a la población cuando corresponda. Esto ha llevado a los países a instalar una infraestructura que permita su vigilancia, predicción y la final intervención en el caso de que los agentes contaminantes excedan unos límites de seguridad ante sus efectos nocivos. No obstante, la continua exposición a estos agentes y la sensibilidad de los individuos de la población ante ellos, pueden ser factores determinantes a la hora de acometer una postura más comprometida para llevar a cabo un cuidado más específico de nuestra salud.

Con este fin se ha iniciado el proyecto presente en el que se pretende informar en todo momento, dentro del contexto del núcleo urbano de mayor población de España y con mayores índices de contaminación, de los niveles de concentración de los agentes contaminantes del aire a lo largo de la superficie de la ciudad de Madrid.

Para ello se pretende buscar una solución que haga uso de los diferentes servicios instalados de medición de la calidad del aire, así como de los sistemas de representación gráfica y métrica a través de distintos tipos de mapas del territorio de Madrid. Mediante el producto resultante se busca ofrecer un medio por el cual el ciudadano puede establecer un trayecto a lo largo de la ciudad y consultar en tiempo real los niveles de los diferentes contaminantes existentes en su recorrido. Así, se obtendrá un servicio informativo a la comunidad que permita orientar cada paso dado por la ciudad en la búsqueda de unas mejores condiciones de salud para todos.

1.3 LÍMITES

El proyecto no está limitado en primera instancia por ningún factor, a excepción de la restricción de alcance impuesta a la ciudad de Madrid y de los recursos puestos a disposición del mismo, como es un coste económico nulo y una unidad de recurso de trabajo. El producto final intentará satisfacer todos los objetivos planteados respecto a la interfaz gráfica con el usuario mediante el empleo de distintos tipos de mapas de Madrid y a la consulta, estimación y presentación de los contaminantes atmosféricos presentes en las diferentes zonas. Si no se pudiera encontrar una solución óptima o alguna de sus partes tuviera una complejidad mayor a la esperada, sería necesario redefinir los límites del proyecto y truncar el alcance del mismo.

1.4 METODOLOGÍA

Inicialmente se han planteado varias alternativas a la hora de elegir una metodología en la que basar el desarrollo del proyecto. Principalmente se contemplaron la metodología **MÉTRICA Versión 3** [1] del Ministerio de Administraciones Públicas, y el **Proceso Unificado de Desarrollo del Software** [2] basado en la utilización de casos de uso.

Métrica 3 se presenta como una solución poco adaptable que propone la elaboración de un proyecto como la consecución estricta de tareas para la obtención de un producto, lo que determina un ciclo de vida secuencial o en cascada. Pone gran énfasis en una definición inicial completa de los

requisitos del sistema, considerando casi nula o inapreciable la incertidumbre propia del entorno. Admite un desarrollo estructurado y orientado a objetos.

El Proceso Unificado de Desarrollo del Software permite un mayor refinamiento de los requisitos a medida que transcurre la vida del proyecto, por lo que aprecia la existencia de incertidumbre y trata de acotarla hasta la consecución del producto final. Es un marco de trabajo extensible y adaptable para el desarrollo de software y establece una dependencia entre la arquitectura y los casos de uso que condiciona el transcurso iterativo e incremental de la elaboración del proyecto.

Aunque los objetivos se definen de forma clara, y no se prevé importantes modificaciones en los requisitos, no se cree conveniente utilizar estrictamente Métrica 3, debido al pequeño tamaño del proyecto y a la rigidez de dicha metodología. Sin embargo, sí se considera el empleo de las herramientas que proporciona el Proceso Unificado de Desarrollo del Software, pero dentro de tareas y actividades definidas por el alumno, y que vendrán derivadas de la adaptación de los procesos propuestos en Métrica 3 según las características del proyecto.

El modelo elegido de ciclo de vida es el **iterativo e incremental**, que permite hacer entregas parciales de pequeños subsistemas operantes hasta completar el sistema, y mitiga la rigidez ante la incertidumbre al poder realizar la obtención de requisitos de forma escalonada. Además, se contemplan posibles realimentaciones y retornos a fases del desarrollo anteriores, según lo representado en la siguiente figura.

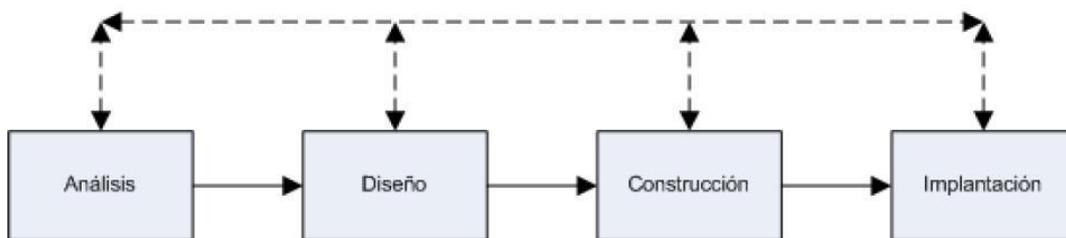


Ilustración 1. Ciclo de vida del proyecto

De esta forma se consigue un equilibrio entre la incertidumbre del proyecto y el refinamiento de requisitos, optimizando el proceso, pudiendo realizar alguna rectificación si se diese el caso, y aumentando la calidad del producto en última instancia.

CAPÍTULO 2. DOCUMENTO DE OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal por el cual se erige este proyecto es la búsqueda de la **mejora de la salud de los ciudadanos** a través de un producto que permita la estimación y consulta en tiempo real a través de internet de los niveles de contaminantes presentes en el aire de la ciudad de Madrid. Además, la solución deberá **valorar e informar del riesgo existente** en las concentraciones de dicha estimación para un punto determinado o para un trayecto establecido por las calles de la ciudad.

Los objetivos pueden identificarse como los siguientes:

- Mejorar la salud y la calidad de vida de los ciudadanos de Madrid.
- Informar gráficamente mediante mapas de los niveles existentes de los agentes contaminantes a lo largo de la zona metropolitana de Madrid.
- Informar del peligro inherente de la contaminación presente a los ciudadanos, especialmente proveniente de los grupos con cierta sensibilidad como niños o personas con alguna afección respiratoria.
- Elaborar gráficos informativos del análisis de los datos recogidos sobre la contaminación.
- Dar acceso a los ciudadanos a un estudio específico de la exposición a la contaminación para trayectos concretos por la zona metropolitana de Madrid.
- Hacer accesible la funcionalidad de visualización de los mapas de la contaminación existente desde dispositivos móviles.

2.2 ALCANCE

El proyecto está supeditado al tamaño y a la capacidad económica del mismo. Debido a sus reducidas dimensiones y a los recursos limitados de los que disponemos, este proyecto va a adoptar unos objetivos claros y sencillos, pero que no sobrepasen los límites de capacidad de trabajo de unos recursos humanos de un individuo, ni pase en incurrir ningún coste económico.

No obstante, el proyecto y su desarrollo se llevarán a cabo según la metodología identificada, y se regirá por los procesos de gestión y de control de la calidad adaptados al tamaño del mismo. La consecución de estos principios permitirá corregir desviaciones con respecto los objetivos o el plan establecidos, y obtener un resultado final satisfactorio al problema. Para ello se informará al director del proyecto mediante informes periódicos del estado del desarrollo del proyecto, control sobre costes de recursos según una planificación preestablecida, o la gestión de la calidad adecuada de los productos del proyecto.

Además, se elaborará la documentación necesaria para la comprensión y posterior mantenimiento del sistema, siguiendo los estándares de calidad y metodologías establecidos y adaptados a las características del proyecto en cuestión cuando correspondiese.

El producto software final tendrá como campo de trabajo el territorio propio de la localidad de Madrid, aunque se puede considerar hacerla escalable hacia otras poblaciones. Deberá permitir la consulta por internet en tiempo real de los niveles de agentes contaminantes como:

- Dióxido de azufre.
- Monóxido de carbono.
- Ozono.
- Óxidos de nitrógeno.
- Partículas en suspensión.
- Hidrocarburos.
- BTX.
- Radiación ultravioleta.
- Otro tipo de agentes meteorológicos como la radiación solar, la temperatura o la humedad relativa.

Todos estos factores establecidos serán los considerados a supervisión según la vigente normativa europea.

Además de estimar el grado de concentración de los contaminantes en un punto determinado, permitirá aproximar el valor para una ruta establecida por el territorio de la localidad. Para ello, proporcionará una interfaz gráfica amigable que deje al ciudadano de forma sencilla y rápida hacer uso de esta funcionalidad.

A la hora de establecer los límites del proyecto, es necesario concienciarnos de que adquirir la infraestructura específica necesaria para el mismo está fuera del alcance de un proyecto de las dimensiones como el que acometemos. Por ello, y dados los recursos ya existentes, es requisito indispensable para la viabilidad de esta iniciativa, que la solución pase por apoyarse en los sistemas de evaluación de la calidad del aire instalados en Madrid y disponibles públicamente. Además, se precisará el servicio de otros sistemas software que nos faciliten la tarea de comunicación con el usuario dentro del contexto de la aplicación para la representación de los mapas del territorio a tratar, y para la definición de puntos y rutas.

2.3 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Según la planificación, **el proyecto comenzará el 02 de Noviembre de 2009 y terminará el 26 de Abril del 2010**. En los 212,5 días de duración del proyecto se empleará un **recurso de trabajo de 850 horas** de desarrollo del proyecto.

Dentro del desarrollo del proyecto, se ha identificado las actividades e hitos reflejados en las siguientes ilustraciones del diagrama de Gantt del proyecto. En él, queda representadas las tareas

que se estiman necesarias para la identificación y consecución del producto solución al proyecto, enmarcándolas en un calendario y considerando su orden y duración.

Por simplicidad, se ha determinado que en el diagrama de Gantt exista un orden estricto de comienzo y finalización de tareas y actividades. No obstante, en la ejecución de las mismas podrán realizarse de forma paralela, solaparse en el tiempo y sufrir realimentaciones según las necesidades del desarrollo del proyecto tal y como se explicó en el apartado *1.4 Metodología*.

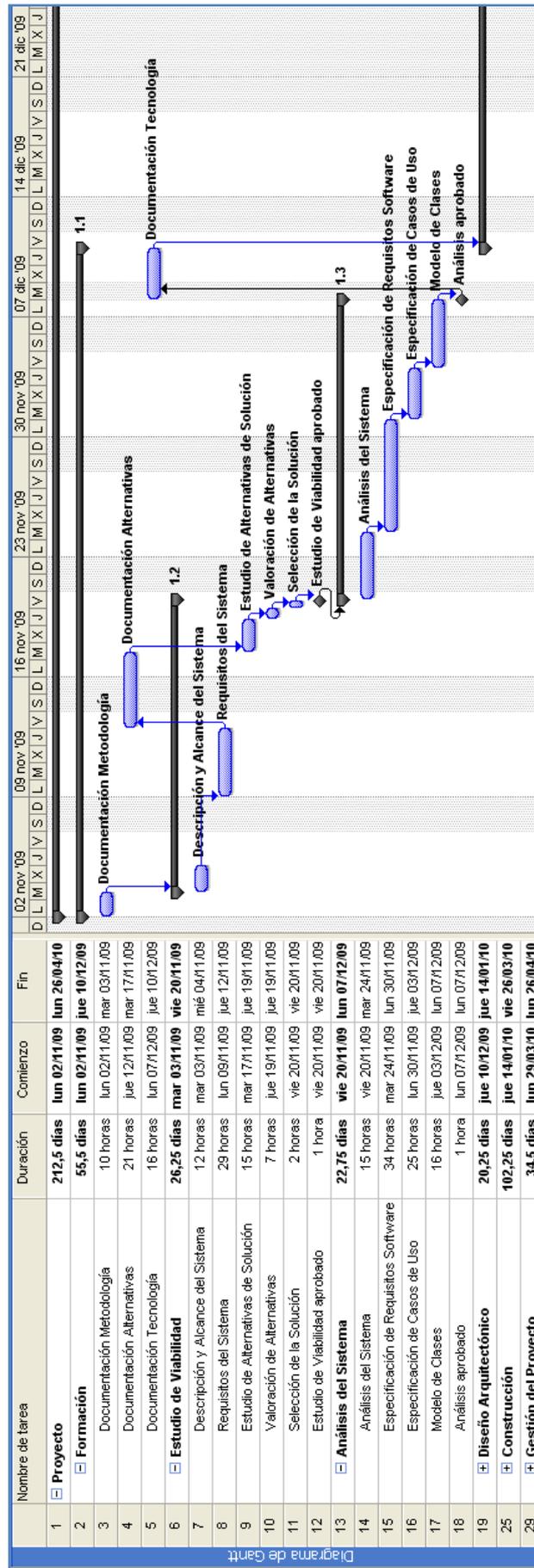


Ilustración 2. Diagrama de Gantt del proyecto (1/2).

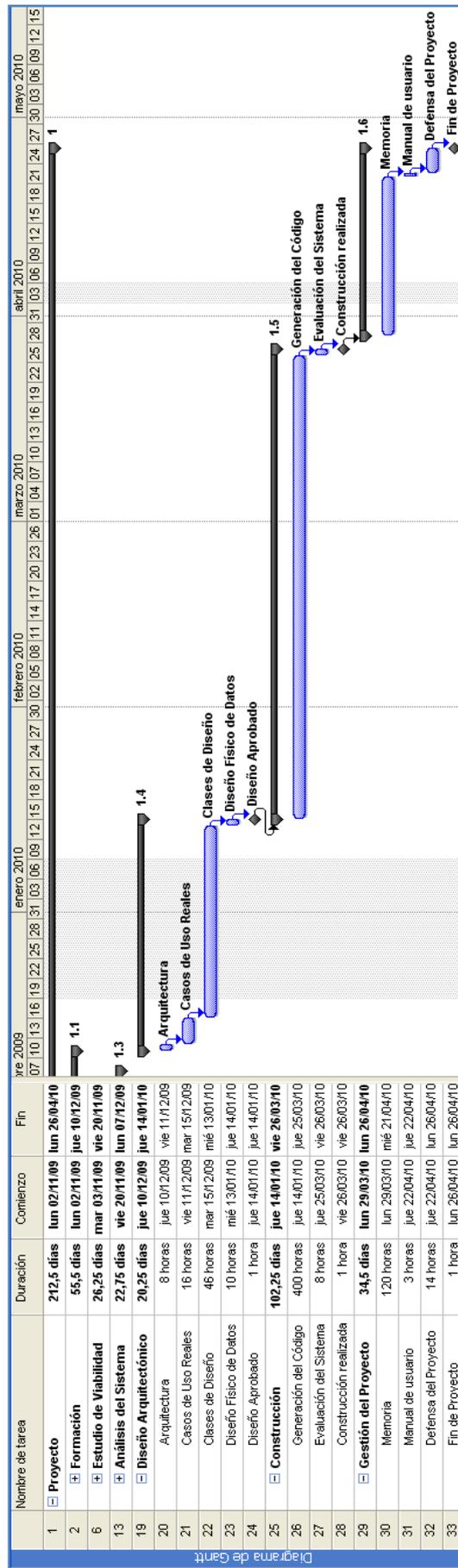


Ilustración 3. Diagrama de Gantt del proyecto (2/2).

CAPÍTULO 3. ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL PROYECTO

3.1 SITUACIÓN ACTUAL

Este apartado intenta describir las circunstancias que están establecidas antes de la realización del proyecto. Los aspectos relevantes que puedan ayudar a identificar cuáles son los principales problemas o inconvenientes del sistema previo.

En un principio, en relación al estudio de la contaminación de la ciudad de Madrid, únicamente se dispone del servicio de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire (RVCA) [21]. Este servicio informa de los valores recogidos sobre la presencia de los contaminantes en las más de 30 estaciones repartidas por el área metropolitana de Madrid y otras 20 por el resto de la Comunidad Autónoma de Madrid. Para cada estación se indica la localización exacta en coordenadas geográficas, la dirección postal aproximada y los datos sobre la concentración de los diferentes contaminantes estudiados, pero no se dice nada sobre el nivel en el resto de la extensión territorial de la comunidad. En el siguiente apartado *3.1.1 La Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de Madrid* se describe más detalladamente este servicio.

En la actualidad existen sistemas que permiten a los usuarios elaborar rutas o marcadores en mapas callejeros o mapas topográficos de la geografía mundial, como Google Maps [10] o SIGPAC [15]. No obstante, estos sistemas no tienen cuenta criterios referentes a la contaminación del aire, y se limitan al servicio de localización.

Además, se pueden encontrar numerosos terminales con tecnología GPS para dispositivos móviles que ofrecen asistencia en tiempo real para alcanzar emplazamientos mediante una interfaz de mapas y a partir de algún tipo de dirección postal. Pero una vez más, no se permite una configuración asociada a los niveles de contaminantes presentes en el aire o a otros criterios, y en su mayor parte, tampoco el almacenamiento de rutas y marcadores.

3.1.1 La Red de Vigilancia de la Calidad del Aire

Este es un servicio mantenido por el Ayuntamiento de Madrid en apoyo a la iniciativa de la Red de Control de la Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid para el seguimiento de los niveles de inmisión de los contaminantes. La protección del medio ambiente atmosférico engloba tanto el control de emisiones a la atmósfera como el conocimiento de la concentración de los contaminantes en el aire ambiente.

La política medioambiental de la Comunidad de Madrid se sustenta en varios pilares, entre ellos el control de la contaminación atmosférica, competencia asumida por la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio, concretamente por la Dirección General de Medio Ambiente, según el Decreto 323/1999 de 11 de noviembre.

Para el seguimiento de los niveles de inmisión, la Comunidad de Madrid cuenta con una Red de Control de la Calidad del Aire que consta de un conjunto de más de 30 estaciones automáticas fijas en Madrid y otras 20 repartidas por el resto de la comunidad. Además se dispone de dos laboratorios de referencia móviles: una unidad móvil y un autobús. Todos ellos proporcionan datos de inmisión en el aire ambiente.

No obstante, la Comunidad de Madrid no es la única que ha adoptado esta postura medioambiental, sino que existen sistemas de este tipo a lo largo de todo el país.

Para obtener más información sobre los criterios y técnicas utilizadas en la medición de los contaminantes puede referirse a la página oficial de la Red de Control de Calidad del Aire [28].

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El producto final se compondrá de una parte software, en la que un fungible contendrá el sistema desarrollado y el soporte software necesario para su funcionamiento, y otra parte documental recogida en el mismo fungible, en la que se dispondrá de todos los productos escritos elaborados en el proyecto.

El sistema final será principalmente una herramienta que permita la consulta por internet de los usuarios de los **niveles de concentración de los agentes contaminantes atmosféricos** dentro del área metropolitana de Madrid. Los agentes considerados serán los estipulados en la normativa europea en la prevención y control de la calidad del aire de los países miembros.

Deberá servirse del portal web de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire (RVCA) [21] que mantiene en la actualidad el Ayuntamiento de Madrid donde se informa de los valores de los contaminantes presentes en el aire recogidos por las más de 30 estaciones distribuidas por la localidad y en constante aumento. A partir de estos datos, el sistema estimará los valores para el resto de la superficie y permitirá a los usuarios informarse de forma precisa de los valores obtenidos. Además, podrá evaluar los resultados y mostrar ciertas advertencias para el caso de que alguno de ellos sobrepasase los límites aconsejables como saludables según la normativa europea.

Como medio gráfico, la aplicación dispondrá de 3 mapas para interactuar con el usuario: un **mapa callejero** de la ciudad de Madrid, un **mapa de contaminación** coloreado de forma representativa de la contaminación presente en la atmósfera, y un último **mapa de ruta** del itinerario definido por el usuario. Los mapas de contaminación coloreados corresponden a la superficie de Madrid, e informan de los rangos de niveles de concentración y del peligro observado para cada uno de los contaminantes considerados.

La visualización de los mapas de Madrid podrá configurarse mediante la modificación de la escala a la que se representan, al igual que con el desplazamiento a lo largo y ancho de ellos.

En los mapas de contaminación y de rutas, el usuario podrá visualizar **marcadores** en una localización concreta pertenecientes a las estaciones con mediciones válidas para ese contaminante, además de consultar en tiempo real los valores de las mediciones. Asimismo, el sistema calculará y mostrará el factor de exposición a los contaminantes para un itinerario o **ruta** establecida por el usuario a lo largo de los mapas del sistema. Si fuera necesario, el sistema también podrá informar

sobre **rutas alternativas** a una determinada donde se estimen niveles de concentraciones más saludables. Asimismo, el usuario podrá descargarse información relativa al estado de la calidad del aire o a los históricos obtenidos para su posterior consulta.

Toda la funcionalidad del sistema se dispondrá, además de para terminales convencionales, para **dispositivos móviles** a través de una conexión a internet. Los usuarios que accedan al sistema a través de dispositivos que cuenten con un GPS podrán beneficiarse de una guía en tiempo real para el seguimiento de rutas, para el desplazamiento según áreas de contaminación o para la localización de marcadores concretos o direcciones postales.

El sistema deberá reunir las características necesarias, tanto documentales como de diseño o de construcción, para permitir una posterior comprensión y posible ampliación de su funcionalidad en proyectos posteriores.

Los productos relacionados con la documentación se compondrán principalmente de los documentos propios del desarrollo del proyecto durante toda la vida del mismo. Estos documentos deberán estar elaborados de forma detallada, estructurada, coherente y clara dado el posible interés en ampliar la funcionalidad del sistema fuera del alcance de este proyecto. Además, también estará la documentación destinada al cliente como manuales de usuario, manual de referencia o posible formación complementaria relacionada.

3.3 DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS DEL SISTEMA

En este apartado se incluye y da constancia de la especificación de las exigencias generales de los usuarios hacia el sistema final. Esta especificación de requisitos se realiza principalmente mediante una serie de sesiones de trabajo con el cliente en la que éste describe lo que espera del producto y, a partir de dicha descripción, el equipo de desarrollo confecciona los requisitos de usuario. Estas sesiones se llevan a cabo con paulatina menor frecuencia a medida que se van refinando y se va desarrollando el proyecto, y quedan registradas en las actas de reuniones.

Finalmente, los requisitos del sistema se añadirán al catálogo de requisitos que deberá ser completo y no ambiguo para su conjunto respecto a las necesidades del cliente, y que podrá ser revisado y actualizado a lo largo del proyecto. No obstante, habrá que tener en cuenta en todo momento las suposiciones y restricciones enunciadas en el apartado 2.2 *Alcance*.

3.3.1 Identificación de requisitos de usuario

Los requisitos tendrán cierta información asociada que ayudará a su descripción y podrá condicionar su interpretación y su tratamiento en fases del proyecto posteriores. En este apartado se pretende establecer y explicar la información que se va a detallar para cada uno de ellos. Será necesario poner especial atención en incluir la información de forma precisa y clara, enunciando los requisitos desde un enfoque que facilite una posterior verificación en las fases de desarrollo.

Podemos distinguir dos tipos de requisitos de usuario:

- Requisitos de capacidad: definen lo que necesitan los usuarios del producto final para lograr los objetivos planteados al proyecto.

- **Requisitos de restricción:** son las restricciones impuestas por los usuarios sobre cómo se debe dar solución al problema para alcanzar los objetivos del proyecto.

Los requisitos de capacidad describen las funciones y las operaciones que necesitan los usuarios. A menudo, es conveniente describir la capacidad los requisitos en términos de una sucesión de operaciones.

Los requisitos de restricción colocan las restricciones de cómo el software se debe construir y cómo se deberá operar con él. Por ejemplo, las definiciones de comunicaciones externas, el hardware y el software que puede requerir, los protocolos que puedan necesitar ciertos usuarios, entre otros.

Cada requisito de usuario debe ser definido con una serie de atributos:

- **Identificación:** cada requisito de usuario incluirá una identificación, para facilitar la trazabilidad, que es valor único identificativo del requisito que lo diferencia del resto y que es utilizado para su referencia a lo largo del proyecto. La nomenclatura es de la forma UR-Xyyy, donde:
 - X es 'C' si es un requisito de capacidad; o 'R' si es un requisito de restricción.
 - yyy es el número de secuencia del requisito, que se inicia con el valor 001, y que toma valores consecutivos y no repetidos para el tipo de requisito.
- **Necesidad:** define la importancia de que el requisito sea implementado por el sistema. Los requisitos esenciales del usuario son no negociables; el resto pueden ser menos importantes y sujetos a la negociación o las condiciones de desarrollo del proyecto. Esta propiedad puede orientar el éxito o fracaso del proyecto. Los valores posibles son: Esencial, Deseable u Opcional.
- **Prioridad:** establece la precedencia entre requisitos para su satisfacción a la hora de la construcción del sistema, lo que permite al desarrollador una planificación coherente. Sus valores pueden ser: Alta, Media o Baja.
- **Estabilidad:** especifica el grado de la posibilidad de que ese requisito no varíe en el transcurso del proyecto y puede incluir una identificación del factor de riesgo del que depende. Será necesario vigilar la coherencia y la satisfacción de aquellos que puedan alterarse durante el desarrollo.
- **Fuente:** indicará el origen de cada requisito de usuario. Puede ser una referencia a un documento externo, o el nombre del cliente o grupo de usuarios que propuso el requisito.
- **Claridad:** define la falta de ambigüedad de un requisito de usuario. Un requisito claro únicamente tiene una interpretación. Sus valores son: Alta, Media o Baja.
- **Verificabilidad:** es la capacidad de un requisito para comprobar de forma irrefutable su incorporación en fases de proyecto posteriores. Es decir, que se puede probar que el producto aplica el requisito. Sus valores pueden ser: Alta, Media o Baja.

- **Descripción:** explicación más o menos detallada del c principal del requisito.

3.3.2 Catálogo de requisitos de capacidad

UR-C001	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Consultar las mediciones de la concentración de los agentes contaminantes del aire de las estaciones de medición medioambiental de la RVCA del Ayuntamiento de Madrid para una fecha y hora determinados.

Tabla 1. Requisito de Capacidad UR-C001

UR-C002	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Almacenar un histórico de mediciones con los valores de las concentraciones de los contaminantes del aire recogidas en las estaciones de medición medioambiental de la RVCA.

Tabla 2. Requisito de Capacidad UR-C002

UR-C003	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar un mapa callejero de la ciudad de Madrid.

Tabla 3. Requisito de Capacidad UR-C004

UR-C004	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar un mapa de contaminación coloreado de forma representativa sobre la concentración estimada de los diferentes agentes contaminantes en el área metropolitana de Madrid según los valores de una fecha y hora determinadas recogidas en el histórico de mediciones.

Tabla 4. Requisito de Capacidad UR-C005

UR-C005	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Descargar el mapa de contaminación de una fecha y contaminante determinados.

Tabla 5. Requisito de Capacidad UR-C007

UR-C006	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar marcadores o localizadores de las estaciones con mediciones de los mapas coloreados para una fecha y contaminante determinados.

Tabla 6. Requisito de Capacidad UR-C008

UR-C007	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Definir pseudo estaciones que proporcionen valores fijos para las mediciones de los contaminantes en cualquier localización del área metropolitana de Madrid.

Tabla 7. Requisito de Capacidad UR-C009

UR-C008	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Definir estaciones espejo réplicas de otras respecto a las mediciones recogidas por la estación reflejada en cualquier localización del área metropolitana de Madrid.

Tabla 8. Requisito de Capacidad UR-C009

UR-C009	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar un mapa de ruta a través de un fichero de ruta con las coordenadas de los puntos de la trayectoria.

Tabla 9. Requisito de Capacidad UR-C010

UR-C010	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Descargar el mapa de ruta correspondiente a un fichero de ruta determinado.

Tabla 10. Requisito de Capacidad UR-C007

UR-C011	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Consultar los niveles totales de exposición a los contaminantes para una fecha determinada de una ruta a través del área metropolitana de Madrid e informar del peligro inherente a la salud.

Tabla 11. Requisito de Capacidad UR-C011

UR-C012	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Realizar sugerencias sobre rutas alternativas a una definida por el usuario con índices totales de concentración de contaminantes más saludables según las recomendaciones de la normativa europea.

Tabla 12. Requisito de Capacidad UR-C012

UR-C013	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Añadir nuevos factores a considerar en la elaboración de mapas para futuros usos como parámetros de viento, relieve, humedad, presión atmosférica, densidad de población u otras condiciones (zona urbana, carretera, área verde, parque, etc.).

Tabla 13. Requisito de Capacidad UR-C013

UR-C014	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input checked="" type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Traducir una localización geográfica situada por el usuario sobre el mapa callejero de Madrid del sistema en la dirección postal correspondiente.

Tabla 14. Requisito de Capacidad UR-C014

UR-C015	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar los mapas descargados del sistema en un dispositivo móvil con sistema operativo Windows Mobile 5.0 [19] sin conexión a internet.

Tabla 15. Requisito de Capacidad UR-C015

UR-C016	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input checked="" type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Informar y guardar en tiempo real al usuario de un dispositivo móvil con tecnología GPS de su localización geográfica mediante cualquiera de los mapas del sistema.

Tabla 16. Requisito de Capacidad UR-C016

UR-C017	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Configurar la escala de visualización de los diferentes mapas del sistema.

Tabla 17. Requisito de Capacidad UR-C017

UR-C018	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Configurar el desplazamiento en la visualización de los diferentes mapas del sistema dada una escala determinada.

Tabla 18. Requisito de Capacidad UR-C018

UR-C019	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input checked="" type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Descargar rutas recomendables preestablecidas de diversa naturaleza según las preferencias de los usuarios (paseo, footing, ir de compras, rutas de fiesta, rutas culturales, rutas culinarias, etc).

Tabla 19. Requisito de Capacidad UR-C019

UR-C020	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input checked="" type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar gráfico de evolución del día de los niveles de exposición de una fecha y contaminante determinados de una ruta definida por el usuario.

Tabla 20. Requisito de Capacidad UR-C019

UR-C021	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input checked="" type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar gráfico de evolución de la semana de los niveles de exposición para un horario del día y un contaminante determinados de una ruta definida por el usuario.

Tabla 21. Requisito de Capacidad UR-C019

UR-C022	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Configurar el alcance geográfico y calidad de la visualización de los mapas de contaminación y de rutas.

Tabla 22. Requisito de Capacidad UR-C019

UR-C023	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Disponer de un sitio web para el acceso a la funcionalidad relacionada con la visualización y descarga de mapas.

Tabla 23. Requisito de Capacidad UR-C023

UR-C024	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: Cliente
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input checked="" type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar gráfico de evolución de la ruta de los niveles de exposición de una fecha y contaminante determinados de una ruta definida por el usuario.

Tabla 24. Requisito de Capacidad UR-C019

3.4.3 Catálogo de requisitos de restricción

UR-R001	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	El sitio web deberá ofrecer un servicio con una disponibilidad del 99,9% del tiempo y accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

Tabla 25. Requisito de Restricción UR-R001

UR-R002	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	El sistema deberá ser computacionalmente accesible desde terminales con un navegador web compatible JavaScript [12] y unos mínimos requisitos técnicos.

Tabla 26. Requisito de Restricción UR-R002

UR-R003	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	El sistema deberá ser computacionalmente accesible desde dispositivos móviles mediante una aplicación cliente para Windows Mobile 5.0 [19].

Tabla 27. Requisito de Restricción UR-R003

UR-R004	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	El servicio web deberá estar adaptado para permitir el acceso desde navegadores web de dispositivos móviles.

Tabla 28. Requisito de Restricción UR-R004

UR-R005	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	La cobertura de la información y de los mapas mostrados estará limitada a la relacionada con la localidad de Madrid, capital de España.

Tabla 29. Requisito de Restricción UR-R005

UR-R006	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	La falta de disponibilidad de los mapas y la información en tiempo real relacionada con las mediciones de contaminación no debe sobrepasar el límite máximo de una hora desde el momento que el que fueron obtenidas.

Tabla 30. Requisito de Restricción UR-R006

UR-R007	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: Equipo de desarrollo
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Las imágenes de los mapas del sistema descargados tendrán un tamaño, calidad y formato que permita visualizarlos desde dispositivos móviles.

Tabla 31. Requisito de Restricción UR-R006

3.4 ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para llevar a cabo la consecución de un producto óptimo para el proyecto se precisa identificar y valorar las diferentes opciones de solución disponibles. Cada alternativa adquiere compromisos con diversos aspectos directamente relacionados con la plataforma, el lenguaje de programación o los sistemas externos de los que se sirve. Teniendo en cuenta estos distintos criterios, debemos evaluar las alternativas para encontrar la que mejor se ajuste a los requisitos definidos para el proyecto.

Con este objetivo se va a dividir el sistema a desarrollar en subsistemas que clasifiquen y recojan los requisitos definidos para facilitar el estudio de su satisfacción por parte de cada una de las alternativas.

- **Plataforma.** Se refiere al conjunto de estándares a partir de los cuales se construye un sistema desde el origen, es decir, desde los componentes hardware y software que formarán parte del mismo.
- **Sistema operativo.** Es el programa encargado principalmente de gestionar los recursos del sistema y de servir gran parte de la interfaz de sus componentes hacia otros sistemas. Depende en gran medida de la plataforma elegida.
- **Lenguaje de programación.** Es el idioma con el que se define e implementa el comportamiento del sistema. De la elección del lenguaje de programación dependerán de forma directa las características funcionales como no funcionales del sistema final.
- **Servidor web.** Esta parte del sistema es la encargada de satisfacer las peticiones provenientes de los clientes desde Internet mediante la invocación y mantenimiento de los procesos del sistema. Está supeditado a la tecnología de construcción del sistema.
- **Cliente web.** Corresponde con el terminal desde que el cliente accede al sistema. Según su naturaleza, éste puede ser desde un navegador de ordenador con acceso wifi a Internet, una aplicación ejecutada desde un dispositivo móvil o hasta la de envío de radiofrecuencias de un satélite de un sistema GPS.
- **Sistema Gestor de Bases de Datos.** Este tipo de sistemas, también referidos como SGBD, controlan el acceso a la información almacenada sin importar su variedad o el formato con el que se presentan.
- **Procesador matemático.** En el proyecto que nos ocupa existe un conjunto de requisitos específicos de procesamiento que desempeñan una función crítica para el éxito o fracaso del mismo. La estimación de los valores de las concentraciones de los contaminantes para toda el área metropolitana de la ciudad de Madrid a partir de los recogidos en las más de 30 estaciones de medición disponibles exige llevar a cabo la ejecución de un algoritmo matemático complejo y computacionalmente costoso. Por este motivo es necesario destacar el método elegido para realizar los cálculos mencionados.
- **Manejador de mapas.** Además existen unos requisitos de interfaz con el usuario que exigen un puesto destacado respecto al resto. Estos requisitos se refieren a la

elaboración de mapas, el procesamiento necesario para llevarlos a cabo, su presentación y la interacción con los clientes a través de ellos para la definición y recuperación de datos como las rutas y marcadores. La forma de dar solución por parte de cada alternativa a estos aspectos deberá recogerse en este apartado.

Además de las destacadas, existe una parte importante del sistema que es el dispositivo portable de captura de datos GPS. No obstante, dada la homogeneidad de la interfaz de estos dispositivos de captura, la identificación de su naturaleza no conlleva compromisos que diferencien unas alternativas de otras por lo que no ayudan a la elección de la alternativa solución. Por este motivo, no se incluirá en posteriores descripciones de alternativas.

A continuación se van a señalar las principales opciones consideradas como factibles para dar solución al proyecto.

3.4.1 Desarrollo íntegro del sistema

La opción que más se ajusta a los requisitos definidos para el proyecto pasa por llevar a cabo un desarrollo íntegro y a medida del sistema solución. El producto final desempeñará su función de manera sencilla y eficiente, y se elaborará un sistema altamente cohesionado en el que no se incorporará ningún aspecto complementario que actúe como factor degradante de la calidad del producto.

El sistema queda caracterizado por:

- **Plataforma.** El tipo de plataforma elegida es la IBM-PC, con una arquitectura x86. El motivo principal es buscar un mercado más amplio que permita tener unas mayores posibilidades y difusión del sistema.
- **Sistema operativo.** Dentro de las opciones disponibles se decide utilizar Ubuntu Server Edition [3] (32-bit) 10.04 LTS. Este software se presenta como un sistema fiable, gratuito y de libre distribución que tiene un soporte de actualizaciones garantizado hasta 2012. Además, proporciona portabilidad a futuras versiones y ofrece grandes posibilidades a la hora de elegir aspectos posteriores del sistema.
- **Lenguaje de programación.** Para facilitar el manejo de recursos tan importantes en este proyecto como es Internet podemos servirnos de las librerías que ofrece Java Enterprise Edition (JEE) [8] en su versión 5. Este lenguaje engloba y simplifica mucho la comunicación con otros subsistemas mediante Internet, y el procesamiento de imágenes. Además es un lenguaje sobre el que se tiene cierta experiencia, lo que puede simplificar enormemente el proceso de construcción del sistema.
- **Servidor web.** El servidor del sistema elegido es Apache Tomcat 6.0 [5]. Es un contenedor de servlets compatible con Java. Permite una amplia configuración y atiende las peticiones provenientes de los clientes desde internet.

- **Ciente web.** Los clientes del sistema podrán ser cualquier navegador web como Mozilla Firefox, Windows Internet Explorer, Opera o Google Chrome. No obstante, también se prevé el uso por parte de clientes web desde cualquier dispositivo móvil compatible.
- **Sistema Gestor de Bases de Datos.** El SGBD será PostgreSQL [6] en su versión v8.4.3-1, que, siendo compatible con el sistema operativo elegido, podrá ser accesible desde el servidor Apache Tomcat [5] o directamente desde el sistema mediante el controlador JDBC 3 [7].
- **Procesador matemático.** Los cálculos necesarios para las estimaciones de valores de las concentraciones en el área metropolitana de Madrid se llevarán a cabo a través de algoritmos desarrollados e implementados específicamente para este proyecto mediante el lenguaje Java.
- **Manejador de mapas.** Un punto crítico del sistema viene determinado por la interfaz de mapas hacia el usuario, el mapa representativo resultante de las estimaciones de concentraciones, y la interacción con el usuario para la definición y muestra de rutas y marcadores dentro del mapa de calles de la ciudad. Dado que esta alternativa sostiene el desarrollo íntegro del sistema, esta parte y cualquier generación o tratamiento de imágenes necesarios se llevará a cabo mediante la construcción en Java con la ayuda de las librerías disponibles. Estas librerías son, entre otras, Java 2D, Java 3D y JAI [9].

3.4.2 Incorporación de servicios externos

En la actualidad existen en internet numerosos servicios web encargados de ofrecer funcionalidad de la naturaleza más diversa. Estos servicios pueden desempeñar tareas relativamente simples de forma eficiente y estar accesibles públicamente para su uso a través de la red. Dentro de esta alternativa se plantea la satisfacción de los requisitos del proyecto de mayor riesgo o de mayores exigencias mediante algunos de estos servicios.

Los requisitos identificados de mayor riesgo y carga de trabajo son los relacionados con el cálculo de estimaciones y la interfaz de mapas con el usuario. Por este motivo, esta alternativa busca delegar la funcionalidad relacionada con mapas a otros servicios existentes.

Por otra parte, el sistema se ve definido según lo siguiente:

- **Plataforma.** El tipo de plataforma elegida es la IBM-PC, con una arquitectura x86. El motivo principal es buscar un mercado más amplio que permita tener unas mayores posibilidades y difusión del sistema.
- **Sistema operativo.** Dentro de las opciones disponibles se decide utilizar Ubuntu Server Edition [3] (32-bit) 10.04 LTS. El motivo es que este software se presenta como un sistema fiable, gratuito y de libre distribución que tiene un soporte de actualizaciones garantizado hasta 2012. Además, proporciona portabilidad a futuras versiones y ofrece grandes posibilidades a la hora de elegir aspectos posteriores del sistema.

- **Lenguaje de programación.** Para facilitar el manejo de recursos tan importantes en este proyecto como es Internet podemos servirnos de las librerías que ofrece Java Enterprise Edition (JEE) [8] en su versión 5. Este lenguaje abarca de forma satisfactoria la comunicación con otros subsistemas mediante Internet, y permite el procesamiento de imágenes. Además, es un lenguaje sobre el que se tiene cierta experiencia, lo que puede simplificar enormemente el proceso de construcción.
- **Servidor web.** El servidor de los servicios del sistema a los clientes de Internet es Apache Tomcat 6.0 [5]. Es un contenedor de servlets compatible con Java. Permite una amplia configuración y gestiona las peticiones provenientes de los clientes.
- **Ciente web.** Los clientes del sistema podrán ser cualquier navegador como Mozilla Firefox, Windows Internet Explorer, Opera o Google Chrome. No obstante, también se prevé el uso del sistema por parte de clientes desde dispositivos móviles compatibles.
- **Sistema Gestor de Bases de Datos.** El SGBD será PostgreSQL [6] v8.4.3-1, que será accesible desde el servidor Apache Tomcat [5] o directamente desde el sistema mediante el controlador JDBC 3 [7].
- **Procesador matemático.** Para el proceso de obtención de los valores estimados de las concentraciones para el territorio de Madrid se ha optado por el desarrollo de los algoritmos necesarios mediante el lenguaje de programación Java.
- **Manejador de mapas.** Esta alternativa opta por apoyarse en otros servicios para cubrir esta parte del sistema. Concretamente, empleamos un servicio externo para integrar la interacción con los usuarios mediante los mapas. Para esto último, se nos presentan dos opciones.

En primera opción se plantea utilizar la interfaz ofrecida por **Google Maps** [10]. Esta interfaz representa una potente herramienta para la gestión de mapas de calles, aunque también permite la definición de rutas y marcadores. Además, dispone de métodos propios de la recuperación de datos para y hacia el usuario.

En la segunda opción, se pretende utilizar la interfaz de **SIGPAC** [15] para ejecutar toda la funcionalidad enfocada a la presentación de mapas. Este sistema ofrece una representación gráfica fiable y detallada de la geografía española.

Finalmente, los mapas representativos de las estimaciones de valores de concentraciones de contaminantes junto con el procesamiento necesario se implementan directamente en Java con ayuda de la librería JAI [9] de Java creada para el tratamiento y elaboración de imágenes.

3.4.2.1 Google Maps

Este conocido servicio de Google pone a disposición pública una interfaz, la Google Maps API [11], para la localización a nivel mundial de direcciones, puntos geográficos, obras públicas, empresas y muchas otras entidades de diversa naturaleza.

Este servicio permite la obtención de mapas estáticos concretos mediante peticiones web o la integración de mapas interoperables dentro del portal web del sistema. En este sentido y para el proyecto que nos ocupa, el principal recurso que ofrece la disponibilidad de 3 tipos de mapas, y la posibilidad de superponer sobre ellos capas elaboradas de forma personalizada.

Probablemente el más utilizado sea el mapa de calles y carreteras, aunque también dispone de mapas de imágenes por satélite y mapas de relieve de la superficie tanto de la Tierra, como de la Luna o de Marte. No obstante, permite la creación de nuevos tipos de mapas con un comportamiento programable.

Además, estos mapas ofrecen cierta interactividad al permitir definir y mostrar rutas o marcadores en puntos concretos, e interoperar de forma dinámica con el mapa mediante cambios de escala o traslaciones, entre otras.

Finalmente y gracias a los distintos módulos disponibles, también podemos averiguar datos geográficos como las coordenadas, o atmosféricos como el grado de humedad o las temperaturas máxima y mínima del centro urbano.

Toda esta funcionalidad se presenta de modo uniforme bajo una amplia interfaz accesible a través de peticiones de JavaScript [12] a un servidor públicamente disponible. El gran potencial de esta herramienta no se limita a ofrecer cierta funcionalidad ya exprimida, sino que permite su total adaptación y extensión hasta llegar al comportamiento deseado.

Por último, esta tecnología cuenta con el beneficio de estar respaldada por una gran empresa como es Google, con lo que el mantenimiento y el continuo desarrollo están asegurados. Prueba de ello es la nueva versión de la interfaz, la Google Maps API v3 [13], preparada para poner al alcance de los dispositivos móviles toda la funcionalidad del sistema.

3.4.2.2 WMS SIGPAC

En primera instancia tenemos un conjunto de servicios Web Map Service [16] (WMS) que, siguiendo el estándar definido en las especificaciones del Open Geospatial Consortium [17] (OGC), intenta ofrecer un medio de publicación preciso de cartografía en internet. Dicho conjunto es muy amplio y heterogéneo, pudiendo encargarse de ámbitos tan dispares como el catastro, mapas de cultivos, de regadíos, etc.

Posiblemente uno de los más conocidos es el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrarias [18] (SIGPAC), concebido para la identificación y delimitación geográfica de las parcelas declaradas por los agricultores. Está desarrollado y mantenido por el Ministerio de Agricultura del Gobierno Español y tiene un alcance del territorio nacional.

Dispone de un mapa presentado por imágenes ortofoto desde satélite, y de otro mapa topográfico que muestra el relieve, la división territorial, calles y carreteras. Permite la configuración de capas para la visualización y contabilización de diferentes cultivos, así como ofrece información sobre la delimitación y extensión de parcelas, y de su situación geográfica.

3.4.2.3 Comparativa entre Google Maps y WMS SIGPAC

Para hacer una apreciación de la opción más adecuada a nuestro proyecto se ha considerado necesario definir unos criterios cualitativos que y así poder llevar a cabo una comparación más objetiva. Se ha cree adecuado destacar además en la tabla la opción concreta de SIGPAC para esclarecer su idoneidad según los requisitos del proyecto. Toda esta valoración se recoge en la siguiente tabla.

Aspecto / App	Google Maps	Web Map Service	SIGPAC
Cobertura de imagen	La Tierra, la Luna y Marte	La Tierra	España
Mapa callejero	Sí	Sí (recogidos en distintos servidores)	No
Mapa ortofoto	No (sólo imagen satélite)	Sí	Sí
Mapa topográfico	No (sólo ciertas caract. Físicas)	Sí	Sí
Mapa de cultivos y regadíos	No	Sí	Sí
Mapa de Comarcas agrarias	No	Sí	Sí
Superposición de mapas	Sí	Sí	Sí
Definición de marcadores	Sí	No	No
Definición de rutas	Sí	No	No
Localización geográfica de direcciones postales	Sí	No	No
Resolución de dirección postal a partir de una localización geográfica	Sí	No	No
Formato de imágenes de mapas	GIF, JPG, JPG-BASELINE, PNG8, PNG32 (modo imagen)	GIF, PNG, JPEG, TIFF, SVG, WebCGM	PNG, JPEG
Escala mínima de mapa	1:20m	Desconocida	1:10m
Calidad de Resolución máxima	Media	Alta	Alta

Información meteorológica	Sí (API Google Weather)	Sí	No
Integración en sitio web	Sí	No (sólo imagen de mapa)	No (sólo imagen de mapa)
Arquitectura del servicio	Cliente / Servidor	Servicio Web	Servicio Web
Tecnología de sincronización	Petición/respuesta síncrona (de imagen) y asíncrona (AJAX)	Petición/respuesta síncrona (de imagen)	Petición/respuesta síncrona (de imagen)
Formato de mensaje	Petición web GET o POST	XML	XML
Complejidad del API	Alta	Alta (considerando un API para cada servicio)	Muy Baja
Especificación del servicio	API de Google Maps	OpenGIS Web Map Service (WMS)	OpenGIS Web Map Service (WMS)
Cantidad y calidad de la documentación relacionada	Excelente	Buena	Suficiente
Idioma de la documentación	Español, Inglés	Inglés	Inglés
Cantidad de Códigos de ejemplo	Muy Extensa	Extensa	Escasa

Tabla 32. Comparativa de Google Maps, Web Map Service y SIGPAC.

3.4.3 Empleo de Google Maps y librerías especializadas

La última de las alternativas consiste en integrar en el sistema a desarrollar, además de la funcionalidad de Google Maps [11] mencionado con anterioridad, ciertas librerías especializadas. Esta opción permite limitar a niveles mínimos el riesgo y tiempo de desarrollo de aspectos del sistema que puedan resultar críticos, como los procesos matemáticos y la interfaz gráfica interactiva de mapas con el usuario.

El inconveniente proviene de la disponibilidad de las librerías existentes y de su adecuación a la tarea que queremos que desempeñen. Muchas veces, dependiendo de las características del proyecto, la funcionalidad que deseamos desarrollar exige un nivel de especialización que no se encuentra disponible por ningún otro sistema de soporte.

En este caso, y siendo la principal diferencia respecto a otras alternativas, se plantea la utilización de la librería *Computational Geometry Algorithms Library* (GCAL) [16] para el cálculo de las

estimaciones de la concentración de los contaminantes para el territorio de la ciudad de Madrid a partir de los valores obtenidos en las estaciones, y para la elaboración de mapas representativos de dichas estimaciones. Aunque esta librería está implementada en el lenguaje C++, no se propone adaptar el lenguaje de construcción del sistema al mismo por no considerar los beneficios de vital importancia para el proyecto.

En resumen, el sistema queda organizado según los siguientes aspectos:

- **Plataforma.** El tipo de plataforma elegida es la IBM-PC, con una arquitectura x86. El motivo principal es buscar un mercado más amplio que permita tener unas mayores posibilidades y difusión del sistema.
- **Sistema operativo.** Se decide utilizar Ubuntu Server Edition [3] (32-bit) 10.04 LTS, ya que se presenta como un sistema fiable, gratuito y de libre distribución que tiene un soporte de actualizaciones garantizado hasta 2012. Además, proporciona portabilidad a futuras versiones y ofrece amplias posibilidades a la hora de elegir aspectos posteriores del sistema.
- **Lenguaje de programación.** A pesar de aumentar la heterogeneidad del sistema, se decide emplear el lenguaje Java en su versión Java Enterprise Edition 5 (JEE) [8]. Puesto que, estudiando los requisitos definidos para el proyecto no se considera prioritario un rendimiento óptimo del sistema, se opta por la opción que ofrece menores riesgos a los procesos de desarrollo. El soporte disponible de Java para las tecnologías involucradas favorecerán la construcción del sistema respecto a otras alternativas.
- **Servidor web.** El servidor de los servicios del sistema a los clientes de Internet es Apache Tomcat 6.0 [5]. Es un contenedor de servlets compatible con Java. Permite una amplia configuración y gestiona las peticiones provenientes de los clientes.
- **Cliente web.** Los clientes del sistema podrán ser cualquier navegador como Mozilla Firefox, Windows Internet Explorer, Opera o Google Chrome. No obstante, también se prevé el uso por parte de clientes web desde cualquier dispositivo compatible.
- **Sistema Gestor de Bases de Datos.** El SGBD será PostgreSQL [6] v8.4.3-1, que será accesible desde el servidor Apache Tomcat [5] o directamente desde el sistema mediante el controlador JDBC 3 [7].
- **Procesador matemático.** Dada la complejidad y el coste computacional de este aspecto del sistema, se opta en este caso por utilizar la librería científica CGAL [18] desarrollada en C++ para la obtención de las estimaciones de los valores de las concentraciones de los contaminantes. Esta librería está descrita en el siguiente apartado de esta misma sección.
- **Manejador de mapas.** El mapa representativo de las estimaciones resultantes se lleva a cabo mediante un módulo correspondiente a la misma librería CGAL para la representación gráfica de valores. Sin embargo, la interfaz de mapas interactivos para la definición de marcadores y rutas, además de diversa funcionalidad de localización de

direcciones y puntos geográficos, será de nuevo responsabilidad del API de Google Maps [11].

3.4.3.1 La Librería CGAL

El proyecto de código abierto de CGAL [18] es una iniciativa que intenta proporcionar fácil acceso a algoritmos geométricos eficientes y fiables bajo la forma de librerías en C++. Actualmente tiene una gran difusión entre sistemas relacionados con la computación geométrica, como la visualización científica, el diseño computacional medicinal, el modelado, la robótica, la planificación de movimientos o la biología molecular, entre otros.

Se distribuye bajo la licencia Open Source [20] que permite la utilización y modificación del código con la restricción de elaborar sistemas también sujetos a esta licencia.

Esta librería ofrece estructuras de datos y algoritmos para llevar a cabo, por ejemplo, triangulaciones, diagramas de Voronoi [32], poliedros, generación de superficies, interpolaciones y análisis de formas. Pero también existe una amplia interfaz con grandes posibilidades para muchos tipos de procesamiento matemático complejo.

No obstante, enfocado a nuestro proyecto, para el cálculo de las estimaciones de las concentraciones de los contaminantes del territorio de Madrid a partir de los valores obtenidos en las estaciones de medición disponibles es necesaria la aplicación de algoritmos de interpolado.

Pero además, se necesitan métodos de representación gráfica de los resultados, y esta librería dispone de generadores de superficies mediante mallas que permiten obtener una imagen para la capa de contaminación de los mapas.

Para ambos requisitos, la librería CGAL dispone de la funcionalidad precisa.

3.5 VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS: BENEFICIOS, COSTES Y RIESGOS

Descritas las alternativas propuestas con más probabilidad de éxito, se procede a la comparación de sus características y a la valoración de cada una con el objetivo de encontrar la opción óptima respecto a riesgos, costes y a la satisfacción de las necesidades del proyecto.

3.5.1 Desarrollo íntegro del sistema

La opción que más se ajusta a los requisitos definidos para el proyecto pasa por llevar a cabo un desarrollo íntegro y a medida del sistema solución. El producto final desempeñará su función de manera sencilla y eficiente, y se elaborará un sistema altamente cohesionado en el que no se incorporará ningún aspecto complementario que actúe como factor degradante de la calidad del producto.

No obstante, esta alternativa conlleva un riesgo elevado para la calidad conjunta del producto final y para el proyecto, ya que la parte a construir es mucho mayor, por lo que la probabilidad de

generar errores también aumenta. En consecuencia, el sistema resultante estará más condicionado a la incertidumbre implícita en el proceso de desarrollo del proyecto y contará con una menor fiabilidad respecto a otras opciones que incorporen sistemas externos altamente testeados y respaldados por empresas de confianza con una gran experiencia en el campo.

Además, el gasto en recurso temporal, ya que la capacidad de trabajo es invariable, se incrementa directamente, por lo que el alcance final del proyecto puede verse reducido con el objetivo de ajustar el tiempo de trabajo y satisfacer los hitos del proyecto.

3.5.2 Incorporación de servicios externos

En esta alternativa se considera finalmente la posibilidad de la incorporación de Google Maps [10] para servir de interfaz de usuario. De esta forma, podemos delegar una parte importante del proyecto en un servicio externo confiable y funcional que permita evitar ciertos riesgos y tiempo en el desarrollo del proyecto.

En contraposición encontramos un aumento de la complejidad del sistema total y una pérdida del rendimiento del sistema. La comunicación entre los diversos sistemas integrados induce una sobrecarga y mayores tiempos de respuesta que pueden ser concluyentes para el fracaso de proyectos de determinadas características.

Finalmente se considera que, para un proyecto de estas dimensiones, aún siguen existiendo grandes incertidumbres ante una parte tan compleja como el procesamiento matemático y la generación de las imágenes de los mapas.

3.5.3 Empleo de Google Maps y librerías especializadas

La última de las alternativas consiste en integrar en el sistema a desarrollar, junto con Google Maps [10] como soporte para la interfaz de usuario, las librerías CGAL [18] sobre las que delegar los procesamientos matemáticos y la generación de imágenes de los mapas de contaminación. Esta opción permite limitar a niveles mínimos el riesgo y el tiempo de desarrollo de aspectos del sistema que puedan resultar críticos.

No obstante, la heterogeneidad de interfaces y sistemas es una característica que conlleva cierta sobrecarga en el rendimiento del sistema final, sobretodo en la comunicación por redes con mayor latencia como internet o la llevada a cabo con módulos externos implementados en un lenguaje diferente (C++ sobre el lenguaje Java del sistema).

Además, el coste temporal del desarrollo del proyecto puede verse aumentado si tenemos en cuenta posibles procesos necesarios de formación para la comprensión de las diversas interfaces asumidas. También existe el riesgo de que la funcionalidad de los sistemas externos no satisfaga por completo o de la forma esperada las necesidades del proyecto, lo que podría retrasar considerablemente la finalización del mismo.

3.6 SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La alternativa de solución elegida es la del **Empleo de Google Maps y librerías especializadas**.

El motivo se basa en la consideración de que la pérdida de rendimiento es un coste asumible para un sistema de las características que se va a desarrollar en comparación con los riesgos que salvaguarda el incorporar sistemas externos como Google Maps [10] y la librería CGAL [18] en el producto final.

Ambos sistemas tienen un alto grado de confiabilidad y calidad del software que difícilmente podrá ser superado mediante el desarrollo íntegro de la funcionalidad que aportan en un proyecto con las limitaciones temporales, económicas y de trabajo como el que nos ocupa.

Finalmente, con la adopción de esta alternativa se prevé economizar de forma sustancial un recurso tan valioso como el tiempo, principalmente en tareas de desarrollo del sistema.

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DEL SISTEMA

4.1 DEFINICIÓN DEL SISTEMA

El producto software final se implantará en un equipo con plataforma de tipo IBM-PC y arquitectura x86. El sistema operativo residente será Ubuntu Server Edition 10.04 [3] LTS 32 bits. Se construirá principalmente mediante el lenguaje de programación Java en su versión JEE 5 [8]. El contenedor de servlets será un Apache Tomcat6.0 [5]. Se requerirá tener instalaciones del programa Geomview [22], GIMP [23] y la librería CGAL [18] junto con sus correspondientes prerequisites. El sistema estará optimizado para su visualización en navegador web Google Chrome, aunque será compatible con otros existentes.

La documentación escrita resultante se presentará en el formato portable PDF, y las imágenes de diagramas o de cualquier otra naturaleza en formato PNG o JPEG.

Se tendrán en cuenta las recomendaciones sobre la salud relacionadas con la calidad del aire de grupos u organizaciones especializadas.

El sistema solución sólo diferenciará entre usuario con derecho de administración o *Administrador*, y cliente o *Usuario Visitante*. El sistema se encargará principalmente de la recolección de datos sobre las medidas realizadas por las estaciones para el procesamiento de las imágenes de los mapas correspondientes a las capas de contaminación y su posterior servicio vía web a los usuarios visitantes.

Por lo tanto, el sistema completo se divide funcionalmente, tal como se aprecia en la *Ilustración 4* siguiente, en 5 módulos bien diferenciados: un Recolector de Mediciones, un Generador de Mapas, el Servidor de Mapas, el Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) y el Cliente Móvil. Cada uno de ellos contendrá una funcionalidad característica, aunque alguno de ellos se apoyará en otros sistemas externos para realizar su labor.

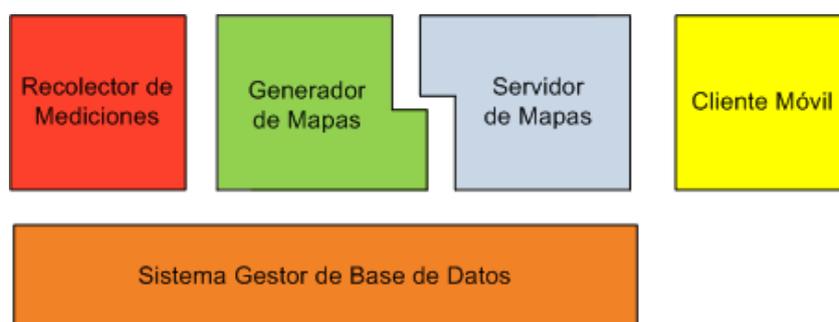


Ilustración 4. Partes funcionales del sistema.

El **Recolector de Mediciones** es el encargado de mantener actualizada la información de las estaciones existentes y de las mediciones recogidas en ellas. Para ello consulta por internet de manera periódica el estado de las estaciones mediante los servicios disponibles públicamente del Ayuntamiento de Madrid y de la Comunidad de Madrid. Esta información se almacenará en la base de datos en el caso adecuado.

El motivo de almacenar los datos de las estaciones de otras poblaciones de la Comunidad de Madrid es para obtener un modelo de estimación más fiable y preciso para el procesamiento de mapas de contaminación, tal como se explicará más adelante.

El **Generador de Mapas** es el responsable de todo el procesamiento matemático para la estimación de las concentraciones de los contaminantes en el área metropolitana de Madrid a partir de los recogidos en las estaciones de medición. Estos valores estimados se utilizarán para la generación de las imágenes de las capas de contaminación para obtener los mapas coloreados de contaminación y para los cálculos de exposición a los contaminantes en las rutas de usuarios.

Tal como se decidió para esta alternativa de solución, el procesamiento matemático se delega en la librería CGAL [18]. Gracias a ésta, se procesarán los datos y se generarán las imágenes de las capas de contaminación y de rutas a través de una sencilla interfaz hacia el programa GeomView [22] de visualización gráfica.

Finalmente, para hacer viable la posterior superposición de la imagen de la capa sobre el mapa, es necesario aplicarle una transparencia a través del programa GIMP [23] de procesamiento gráfico. La imagen de la capa de contaminación final será almacenada para su posterior consulta. La tarea de la visualización de la superposición de las capas a los mapas callejeros le corresponde al Servidor de Mapas.

La generación de las imágenes de las capas podrá configurarse por el Administrador para modificar el alcance y calidad de las mismas, de forma que pueda capturarse la contaminación presente en otras zonas de la geografía terrestre. Además, la generación de mapas no irá ligada a la representación de contaminantes, sino que el módulo Generador de Mapas estará preparado para utilizarse en base a otros factores.

El **Servidor de Mapas** dispondrá toda la funcionalidad del sistema hacia el usuario visitante mediante una interfaz web. Se compondrá de un servidor web Apache Tomcat 6.0 [5], a través del cual el usuario puede utilizar un navegador web para acceder e interactuar con el sistema. La interacción se realizará con peticiones web auto contenidas, por lo que no se guardará el estado de la interacción o sesión.

El usuario podrá, a partir de una fecha y hora del día, consultar las medidas recogidas por las estaciones, visualizar las capas de contaminación estimadas para el resto del área metropolitana de Madrid, cargar una ruta por las calles de Madrid para obtener la información y los gráficos horario y semanal sobre la exposición asociada y posteriormente descargarse todos los mapas elaborados.

Para ello, el servidor hace uso de la interfaz JavaScript [12] de Google Maps [10] consiguiendo integrar su sistema de visualización y localización de mapas de calles, de relieve o de imágenes por satélite. Además, también hace uso de la interfaz de elaboración de gráficos de Google Chart Tools [24].

En el **Sistema Gestor de Bases de Datos** se delegará la persistencia de los datos del sistema. Éste se encargará de abstraer el formato de almacenamiento de la información y de asegurarse de su conservación en un soporte no volátil. Este módulo se dispondrá una interfaz de operación hacia los módulos de Recolector de Mediciones y para el de Servidor de Mapas.

Finalmente, el **Ciente Móvil** es la pequeña aplicación para Windows Mobile 5.0 [19] para terminales móviles con funciones de visor de mapas. Este cliente permitirá disponer de cierta funcionalidad del sistema desde un dispositivo móvil sin tener acceso a internet. Para ello, cargará los diferentes mapas guardados en el dispositivo y llevará a cabo las funciones básicas de un visor, como hacer zoom, desplazarse o centrar el mapa. Además, aquellos terminales que cuenten con un dispositivo GPS podrán visualizar su localización en tiempo real con el fin de realizar un seguimiento en un mapa de ruta, o para evitar las zonas de mayor riesgo para la salud mediante un mapa de contaminación, por ejemplo.

4.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS REQUISITOS SOFTWARE

4.2.1 Identificación de los Casos de Uso

Se procede a destacar los requisitos funcionales del sistema derivados de los requisitos de usuario que fueron elaborados en el apartado *3.3.1 Identificación de requisitos de usuario*. Para ello se utilizan los casos de uso. Con éstos se describe típicamente una interacción entre el sistema y un agente externo, ya sea un usuario final u otro sistema ajeno, para declarar las condiciones que tendrán lugar. Además, también servirán para la comunicación entre el cliente, los usuarios finales y el equipo de desarrollo para establecer un acuerdo común en la idea del sistema solución y ayudar a su especificación en tareas posteriores del proyecto.

En primer lugar se definirán los roles de usuarios que estarán involucrados en las actividades propias del sistema con otros usuarios finales o sistemas externos. Para ello creamos el siguiente diagrama de casos de uso simplificado.

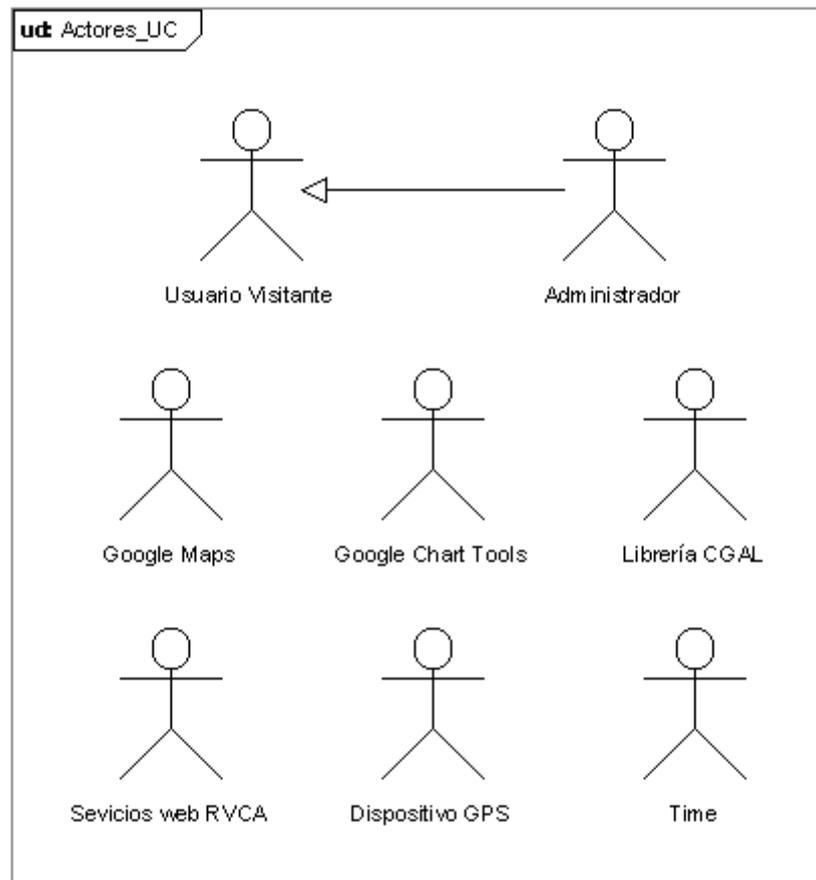


Ilustración 5. Diagrama de Casos de Uso. Actores del sistema.

Los actores *Usuario Visitante* y *Administrador* corresponden a roles definidos para usuarios finales del sistema, el rol *Time* representa un evento o actividad del sistema llevado a cabo de forma periódica, mientras que el resto de actores simbolizan sistemas externos al proyecto, concretamente:

- Google Maps [10]: servicio web de visualización y localización mediante mapas.
- Google Chart Tools [24]: servicio web para la elaboración de gráficos.
- Librería CGAL [18]: librería de soporte para la elaboración de complejos procesos matemáticos.
- Servicio web RVCA [21]: conjunto de servicios web de la comunidad de Madrid para la información de la calidad del aire y el estado de la atmósfera.
- Dispositivo GPS: sistema de localización geográfica a través de comunicaciones por satélite.

Se puede apreciar una relación de generalización entre el rol *Usuario Visitante* y *Administrador* que implica una realización completa de los casos de uso del rol *Administrador* hacia los accesibles de *Usuario Visitante*.

A continuación se van a mostrar los diagramas de casos de uso de los diferentes actores descritos anteriormente. Para facilitar la comprensión y la lectura, se van a presentar de forma simplificada. Es decir, los diagramas contendrán únicamente los casos de uso relacionados con el actor en cuestión, y no se incluirán las relaciones que pudieran tener otros actores respecto a esos mismos casos de uso. No obstante, y teniendo en cuenta lo anterior, si dos actores se relacionan con el mismo caso de uso, implica cierta cooperación en la realización del mismo, y no que ambos puedan invocar su ejecución.

La especificación textual detallada de cada uno de ellos se recoge a continuación en el apartado 5.2.2 Especificación de los Casos de Uso.

El siguiente diagrama de casos de uso corresponde al actor *Usuario Visitante*. Entre los casos de uso de los que dispone están los correspondientes a la visualización y descarga de los mapas del sistema mediante el servidor web, y los concretos al dispositivo móvil.

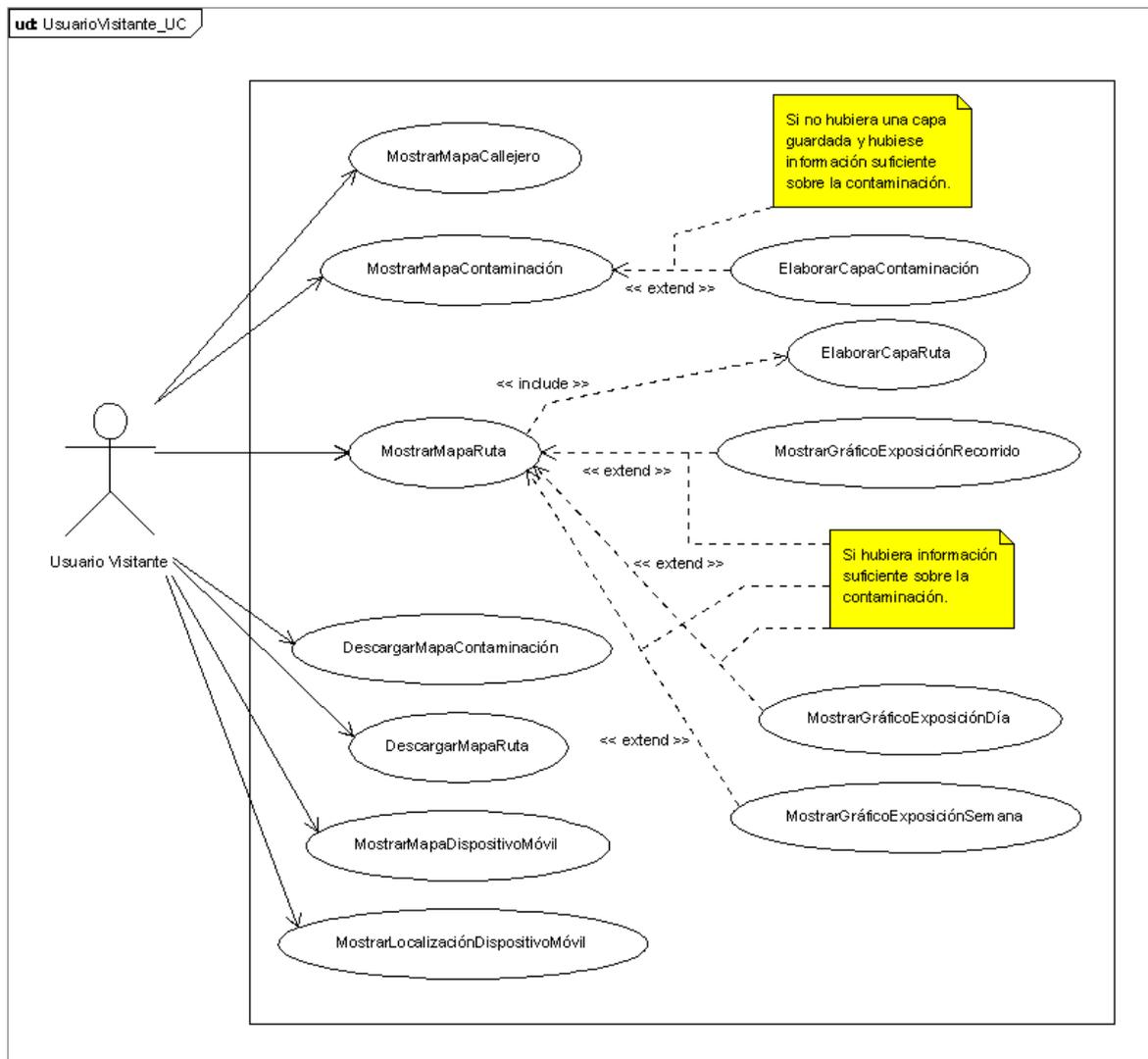


Ilustración 6. Diagrama de Casos de Uso. Actor Usuario Visitante.

El diagrama correspondiente al actor *Administrador* del sistema. Los casos de uso que puede activar se refieren a la modificación de la configuración del sistema. Con ellos puede definir pseudo estaciones, configurar los parámetros de elaboración de las imágenes de los mapas y determinar los métodos del recolector de mediciones para actualizar la información del sistema.

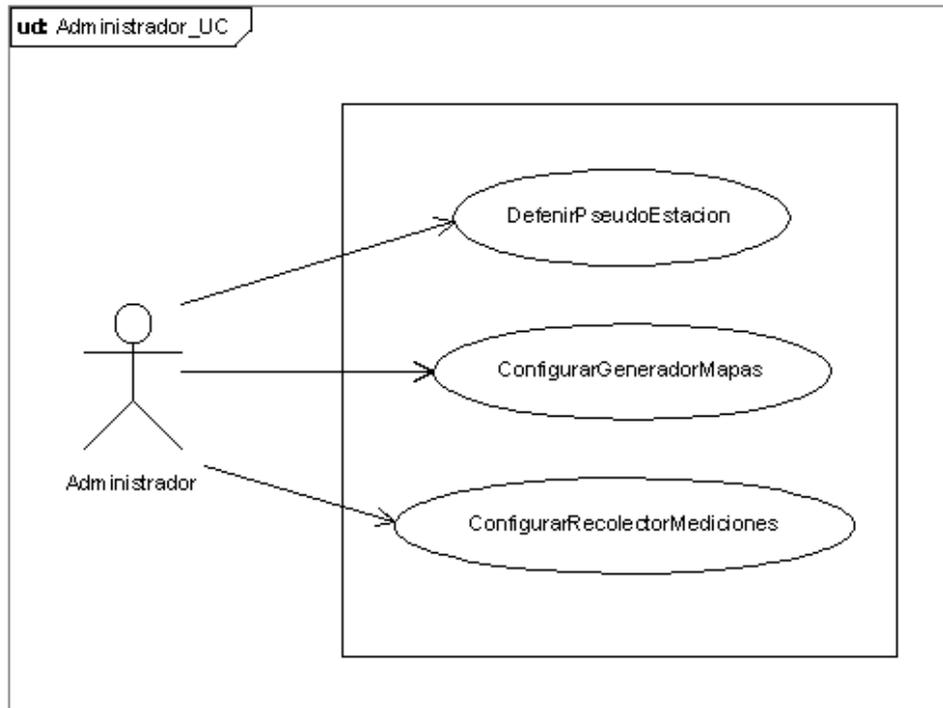


Ilustración 7. Diagrama de Casos de Uso. Actor Administrador.

El diagrama de casos de uso de la *Ilustración 8* representa los servicios de Google con los actores *Google Maps* y *Google Chart Tools*. Estos actores están involucrados en la visualización de mapas y de gráficos de exposición a los contaminantes.

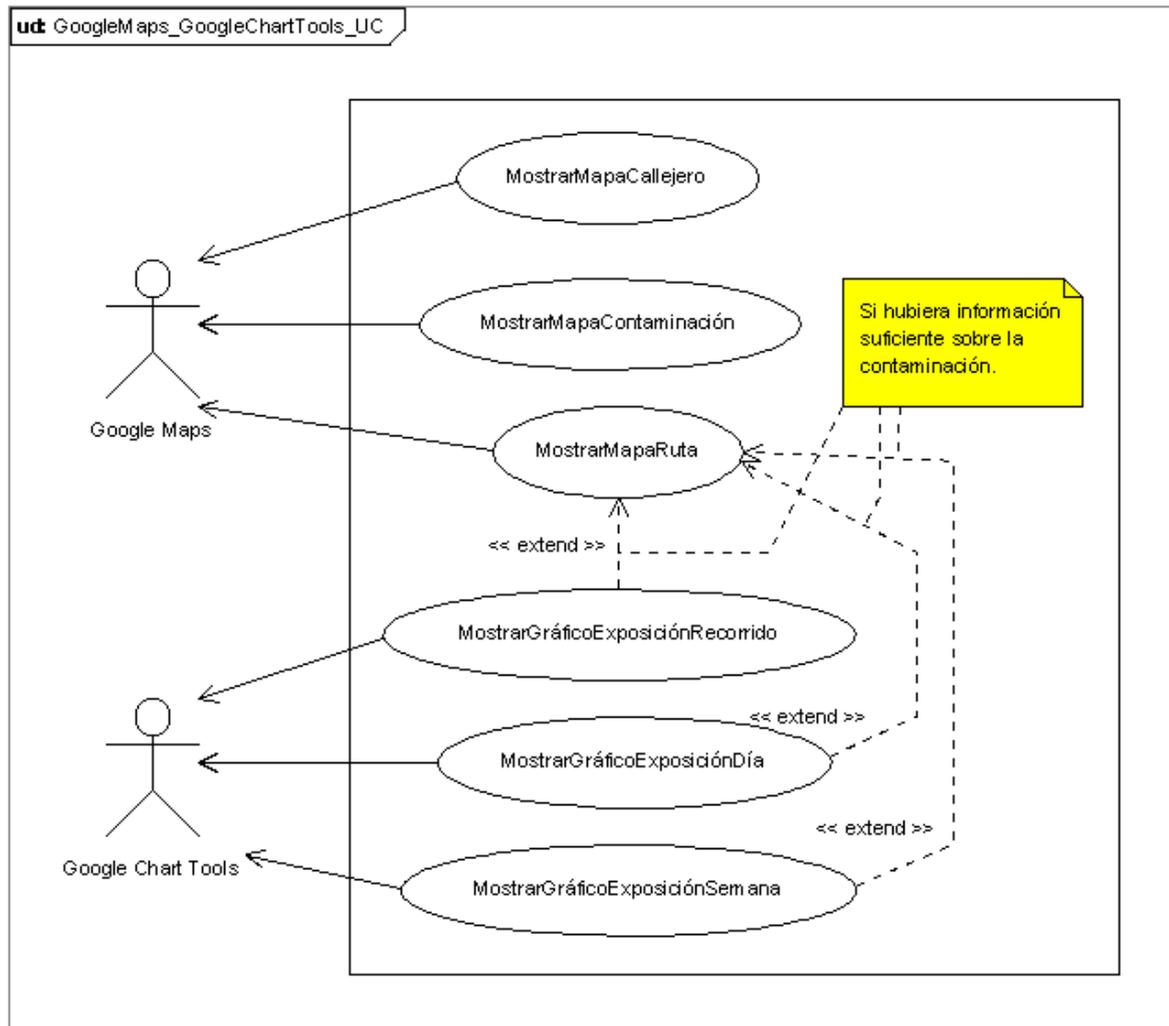


Ilustración 8. Diagrama de Casos de Uso. Actores Google Maps y Google Chart Tools.

A continuación se muestra el correspondiente al actor *Librería CGAL* para la elaboración de los mapas de contaminación y de ruta.

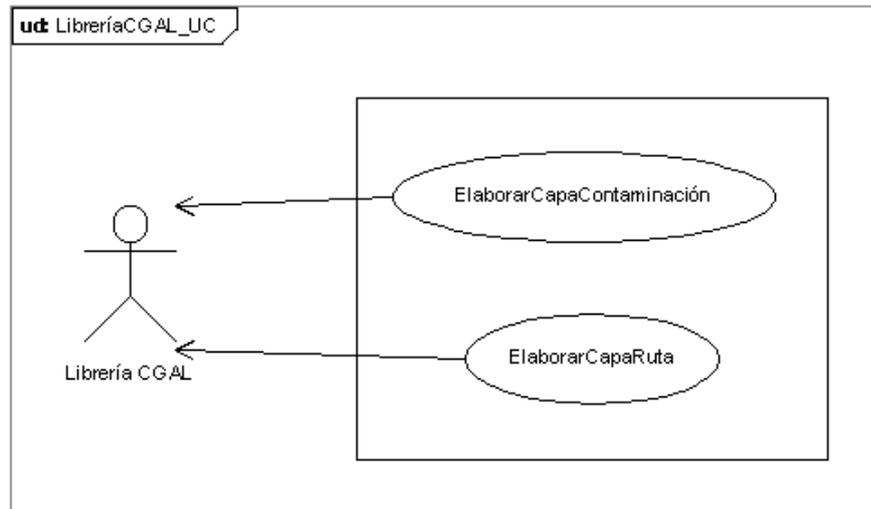


Ilustración 9. Diagrama de Casos de Uso. Actor Librería CGAL.

El actor *Time* del diagrama siguiente representa la actividad periódica de recogida de datos de las estaciones. Para ello requiere la actividad del actor *Servicio web RVCA* que incluye todos los servicios públicos informativos sobre el estado de la atmósfera.

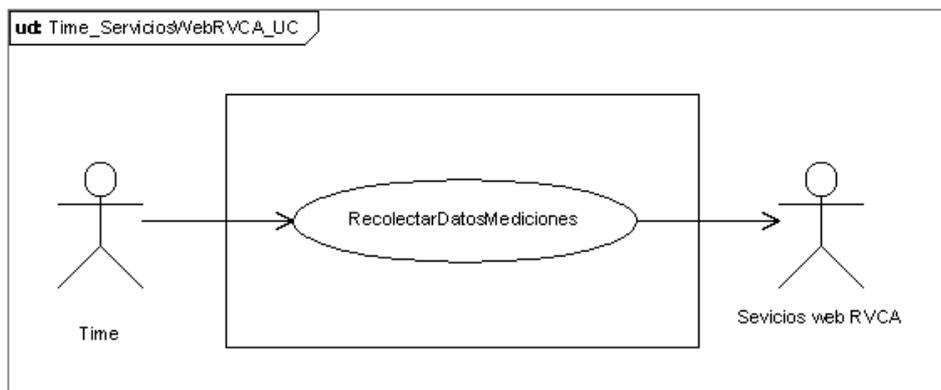


Ilustración 10. Diagrama de Casos de Uso. Actores Time y Servicio web RVCA.

El último de los diagramas de casos de uso simboliza la interacción con el actor *Dispositivo GPS* en la obtención y registro de las coordenadas geográficas del dispositivo móvil del usuario.

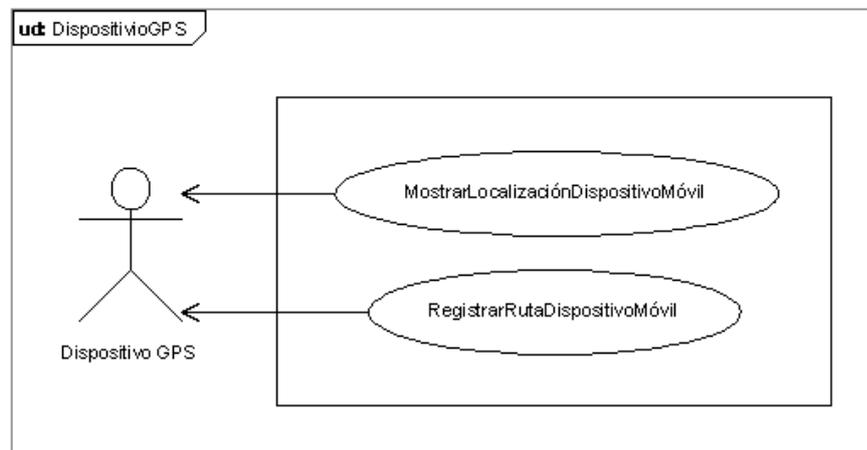


Ilustración 11. Diagrama de Casos de Uso. Actor Dispositivo GPS.

4.2.2 Especificación de los Casos de Uso

Para la especificación textual de los casos de uso se emplea un modelo de tabla con unos campos que describen aspectos o características de los casos de uso. La explicación del significado de cada uno de estos campos es la descrita a continuación:

- **Identificador:** cada caso de uso incluirá una identificación para facilitar su referencia única en posteriores apartados. Su nomenclatura viene dada por *UC-XXX*, siendo *XXX* un número incremental único dentro de los casos de uso y que comenzará por 001.
- **Caso de uso:** detalla el nombre concreto del caso de uso a modo aclaratorio.
- **Actores:** informa del actor o rol de usuario que activa o coopera en la ejecución del caso de uso. No obstante, no se incluirán aquellos actores que también tienen la capacidad de activar el caso de uso a través de alguna relación de herencia.
- **Precondiciones:** es el conjunto de características del estado del sistema que se deben de cumplir para poder activar el caso de uso.
- **Postcondiciones:** identifica el estado del sistema después de ejecutar el caso de uso, destacando las diferencias con el estado previo del sistema.
- **Escenario básico:** representa y describe el flujo principal del caso de uso en la interacción entre el actor y el sistema. Únicamente contiene una de las secuencias que puede llevar a cabo un caso de uso.
- **Escenario alternativo:** es un flujo de ejecución del caso de uso distinto del básico que se pueden llevar a cabo por los estados del sistema gracias a la evaluación de condiciones y otros factores

Identificador	UC-001
Caso de uso	MostrarMapaCallejero
Actores	Usuario Visitante, Google Maps
Precondiciones	El Usuario Visitante accede al sistema mediante su interfaz web.
Postcondiciones	El usuario visualiza el mapa de calles y carreteras correspondiente al área metropolitana de Madrid.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Usuario Visitante accede a la interfaz web del sistema mediante un navegador web. 2. El sistema realiza una petición de visualización al usuario Google Maps para las coordenadas del área metropolitana de Madrid. 3. El usuario Google Maps devuelve las imágenes del mapa del área metropolitana de Madrid. 4. El sistema muestra por pantalla a Usuario Visitante las imágenes del mapa callejero de Madrid, dos botones para aumentar y disminuir el zoom de visualización y cuatro botones para el desplazamiento horizontal y vertical. 5. El usuario se desplaza y modifica el zoom de visualización del mapa callejero pulsando los botones correspondientes con el ratón. 6. El caso de uso termina.

Tabla 33. Especificación del Caso de Uso UC-001

Identificador	UC-002
Caso de uso	MostrarMapaContaminación
Actores	Usuario Visitante, Google Maps
Precondiciones	El Usuario Visitante accede al sistema mediante su interfaz web.
Postcondiciones	El usuario visualiza el mapa de contaminación de una fecha, horario y contaminante determinados.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Usuario Visitante informa de su intención de visualizar un mapa de contaminación. 2. El sistema comprueba en la base de datos los contaminantes que cumplen los requisitos de información de mediciones de las estaciones. 3. El sistema muestra por pantalla a Usuario Visitante un formulario con un campo de calendario para la fecha, una lista desplegable para la hora y una lista desplegable de los contaminantes con información disponible suficiente.

	<ol style="list-style-type: none"> 4. El Usuario Visitante elige con el ratón una fecha, un horario y un contaminante del formulario y confirma el proceso. 5. El sistema comprueba que los datos enviados son correctos. 6. El sistema comprueba si existe la imagen de la capa de contaminación almacenado en la base de datos para esa fecha, hora y contaminante determinados. 7. Si existe la imagen de la capa de contaminación, el sistema envía una petición al usuario Google Maps de visualización del mapa callejero del área metropolitana de Madrid con la imagen de la capa de contaminación. 8. El usuario Google Maps responde al sistema con las imágenes del mapa de contaminación derivado del mapa callejero y de la capa de contaminación. 9. El sistema muestra por pantalla a Usuario Visitante las imágenes del mapa de contaminación de Madrid, dos botones para aumentar y disminuir el zoom de visualización y cuatro botones para el desplazamiento horizontal y vertical. 10. El sistema muestra por pantalla a Usuario Visitante un mensaje con la información sobre el mapa de contaminación visualizado: nombre del mapa, nombre del contaminante, día y hora de las mediciones, número de estaciones totales utilizadas y número de ellas pertenecientes a Madrid. 11. El Usuario Visitante se desplaza y modifica el zoom de la visualización del mapa de contaminación pulsando los botones correspondientes con el ratón. 12. El caso de uso termina.
Escenario alternativo: Cacheado del mapa	<ol style="list-style-type: none"> 7. Si no existe la imagen del mapa de contaminación, el sistema comprueba que el contaminante cumple los requisitos de información para la fecha y el horario determinados. 8. Utiliza el caso de uso <i>UC-003 ElaborarCapaContaminación</i>. 9. El sistema muestra un mensaje por pantalla a Usuario Visitante informando de que el mapa no está disponible en esos instantes. 10. El caso de uso termina.

Tabla 34. Especificación del Caso de Uso UC-002

Identificador	UC-003
Caso de uso	ElaborarCapaContaminación
Actores	Librería CGAL
Precondiciones	

Postcondiciones	El usuario define para unas coordenadas geográficas una pseudo estación con valores fijos de las medidas de los contaminantes o una estación espejo de otra ya existente.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía una petición de generación de la capa de contaminación de Madrid al usuario Librería CGAL con la información de las medidas para la fecha y el horario determinados y las características de la imagen a obtener. 2. El usuario Librería CGAL responde al sistema con la imagen de la capa de contaminación. 3. El sistema guarda la imagen de la capa de contaminación en la base de datos. 4. El caso de uso termina.

Tabla 35. Especificación del Caso de Uso UC-003

Identificador	UC-004
Caso de uso	MostrarMapaRuta
Actores	Usuario Visitante, Google Maps
Precondiciones	El Usuario Visitante accede al sistema mediante su interfaz web.
Postcondiciones	El usuario visualiza el mapa de ruta a partir de un fichero de coordenadas y la información asociada para una fecha, horario y contaminante determinados.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usuario Visitante informa de su intención de visualizar un mapa de ruta. 2. El sistema comprueba en la base de datos los contaminantes que cumplen los requisitos de información de mediciones de las estaciones. 3. El sistema muestra por pantalla un formulario con un campo de calendario para la fecha, una lista desplegable para la hora, una lista desplegable de los contaminantes con información disponible suficiente y un campo para la selección de un fichero de coordenadas de ruta. 4. El usuario elige con el ratón una fecha, un horario, un contaminante, selecciona el fichero de coordenadas de ruta y confirma el proceso enviando el formulario. 5. El sistema comprueba que los datos enviados son correctos. 6. Utiliza el caso de uso <i>UC-005 ElaborarCapaRuta</i>. 7. El sistema envía una petición al usuario Google Maps de visualización del mapa callejero del área metropolitana de Madrid con la imagen de la capa de ruta obtenida del caso de uso <i>UC-005 ElaborarCapaRuta</i>. 8. El usuario Google Maps responde al sistema con las imágenes del

	<p>mapa de contaminación derivado del mapa callejero y de la capa de contaminación.</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. El sistema muestra por pantalla a Usuario Visitante las imágenes del mapa de contaminación de Madrid, dos botones para aumentar y disminuir el zoom de visualización y cuatro botones para el desplazamiento horizontal y vertical. 10. El sistema comprueba si existe información suficiente de las mediciones de las estaciones en la base de datos para esa fecha, hora y contaminante determinados. 11. Si hay información suficiente, el sistema recopila los datos de las medidas de las estaciones para la fecha, hora y contaminantes seleccionados por el usuario y calcula los factores de exposición totales para los días de la semana y los horarios del día de la fecha elegida. 12. El sistema muestra un mensaje con la información sobre la ruta: el número de puntos del trayecto, la distancia total recorrida, y el factor de exposición total al contaminante elegido. 13. Utiliza el caso de uso <i>UC-006 ElaborarGráficoExposiciónDía</i>. 14. El sistema muestra por pantalla al Usuario Visitante el gráfico obtenido del caso de uso <i>UC-006 ElaborarGráficoExposiciónDía</i> de la exposición total de los horarios del día de la fecha determinada. 15. Utiliza el caso de uso <i>UC-007 ElaborarGráficoExposiciónSemana</i>. 16. El sistema muestra por pantalla al Usuario Visitante el gráfico obtenido del caso de uso <i>UC-007 ElaborarGráficoExposiciónSemana</i> de la exposición total de los días de la semana de la fecha determinada. 17. El Usuario Visitante se desplaza y modifica el zoom de la visualización del mapa de contaminación pulsando los botones correspondientes con el ratón. 18. El caso de uso termina.
Escenario alternativo: Información insuficiente	<ol style="list-style-type: none"> 7. Si no hay información suficiente de las mediciones de las estaciones, el sistema muestra un mensaje por pantalla al usuario informando de que no hay información suficiente de la contaminación de la ruta. 8. El sistema muestra un mensaje con la información sobre la ruta: el número de puntos del trayecto y la distancia total recorrida. 9. El caso de uso termina.

Tabla 36. Especificación del Caso de Uso UC-004

Identificador	UC-005
Caso de uso	ElaborarCapaRuta
Actores	Librería CGAL

Precondiciones	Los datos de las coordenadas deben ser válidos.
Postcondiciones	El sistema obtiene la imagen de la capa de ruta de unas coordenadas de ruta determinadas.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía una petición de generación de la capa de ruta de Madrid al usuario Librería CGAL con las coordenadas de los puntos de una ruta, la información sobre las mediciones de una fecha, hora y contaminante determinados y las características de la imagen a obtener. 2. El usuario Librería CGAL responde al sistema con la imagen de la capa de ruta y los valores de contaminación estimados para los puntos de la ruta enviada. 3. El caso de uso termina.

Tabla 37. Especificación del Caso de Uso UC-005

Identificador	UC-006
Caso de uso	ElaborarGráficoExposiciónRecorrido
Actores	Google Chart Tools
Precondiciones	Debe haber suficiente información sobre la contaminación para los horarios del día de la fecha y contaminantes elegidos.
Postcondiciones	El sistema obtiene la imagen del gráfico de exposición de los tramos del recorrido de la ruta para una fecha y contaminantes determinados.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía una petición web de generación de gráfico al usuario Google Chart Tools con los datos de exposición total de un contaminante para los tramos del recorrido de la ruta de una fecha determinada y las características de la imagen a obtener. 2. El usuario Google Chart Tools responde al sistema con la imagen del gráfico de exposición total del día al contaminante. 3. El caso de uso termina.

Tabla 38. Especificación del Caso de Uso UC-006

Identificador	UC-007
Caso de uso	ElaborarGráficoExposiciónDía
Actores	Google Chart Tools
Precondiciones	Debe haber suficiente información sobre la contaminación para los horarios del día de la fecha y contaminantes elegidos.

Postcondiciones	El sistema obtiene la imagen del gráfico de exposición de los horarios del día de una fecha y contaminantes determinados.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 4. El sistema envía una petición web de generación de gráfico al usuario Google Chart Tools con los datos de exposición total de un contaminante para los horarios de una fecha determinada y las características de la imagen a obtener. 5. El usuario Google Chart Tools responde al sistema con la imagen del gráfico de exposición total del día al contaminante. 6. El caso de uso termina.

Tabla 39. Especificación del Caso de Uso UC-007

Identificador	UC-008
Caso de uso	ElaborarGráficoExposiciónSemana
Actores	Google Chart Tools
Precondiciones	Debe haber suficiente información sobre la contaminación para la semana y contaminantes elegidos.
Postcondiciones	El sistema obtiene la imagen del gráfico de exposición de la semana de una fecha y contaminantes determinados.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema envía una petición web de generación de gráfico al usuario Google Chart Tools con los datos de exposición total de un contaminante para los días de la semana de una fecha determinada y las características de la imagen a obtener. 2. El usuario Google Chart Tools responde al sistema con la imagen del gráfico de exposición total de los días de la semana al contaminante. 3. El caso de uso termina.

Tabla 40. Especificación del Caso de Uso UC-008

Identificador	UC-009
Caso de uso	DescargarMapaContaminación
Actores	Usuario Visitante, Librería CGAL
Precondiciones	El Usuario Visitante accede al sistema mediante su interfaz web. La capa de contaminación de la fecha, hora y contaminantes elegidos debe estar disponible en la base de datos.
Postcondiciones	El Usuario Visitante descarga el mapa de contaminación de una fecha, hora y contaminante determinados.

Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Usuario Visitante informa al sistema de su intención de descargar el mapa de contaminación de una fecha, hora y contaminantes determinados. 2. El sistema envía una petición de generación de la imagen del mapa de contaminación al usuario Librería CGAL con la imagen del mapa callejero de Madrid, la imagen de la capa de contaminación de la base de datos para la fecha, hora y contaminantes elegidos y las características de la imagen a obtener. 3. El usuario Librería CGAL responde al sistema con la imagen del mapa de contaminación. 4. El sistema envía al Usuario Visitante el mapa de contaminación obtenido del usuario Librería CGAL. 5. El caso de uso termina.
------------------	---

Tabla 41. Especificación del Caso de Uso UC-009

Identificador	UC-010
Caso de uso	DescargarMapaRuta
Actores	Usuario Visitante, Librería CGAL
Precondiciones	El Usuario Visitante accede al sistema mediante su interfaz web. Los datos de las coordenadas de la ruta deben ser correctos.
Postcondiciones	El Usuario Visitante descarga el mapa de ruta de Madrid correspondiente a un conjunto de datos de coordenadas de ruta.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Usuario Visitante informa al sistema de su intención de descargar el mapa de ruta para las coordenadas determinadas de los puntos de la ruta. 2. Utiliza el caso de uso <i>UC-005 ElaborarCapaRuta</i>. 3. El sistema envía una petición de generación de la imagen del mapa de ruta al usuario Librería CGAL con la imagen del mapa callejero de Madrid, la imagen de la capa de ruta obtenida del UC-005 <i>ElaborarCapaRuta</i> y las características de la imagen a obtener. 4. El usuario Librería CGAL responde al sistema con la imagen del mapa de ruta correspondiente. 5. El sistema envía al Usuario Visitante el mapa de ruta obtenido del usuario Librería CGAL. 6. El caso de uso termina.

Tabla 42. Especificación del Caso de Uso UC-010

Identificador	UC-011
Caso de uso	MostrarMapaDispositivoMóvil
Actores	Usuario Visitante

Precondiciones	El Usuario Visitante debe acceder al sistema desde un dispositivo móvil compatible.
Postcondiciones	El Usuario Visitante visualiza, se desplaza y modifica el zoom de los mapas de contaminación y de rutas del sistema desde su dispositivo móvil.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Usuario Visitante accede al sistema mediante un dispositivo móvil. 2. El Usuario Visitante informa al sistema mediante la interfaz táctil o el teclado de su intención de visualizar un mapa del sistema. 3. El sistema muestra por pantalla al Usuario Visitante un formulario con una lista con el mapa callejero de Madrid, los mapas de contaminación y los mapas de ruta guardados en el dispositivo móvil y un botón “Mostrar”. 4. El Usuario Visitante selecciona un mapa de la lista y confirma el proceso pulsando el botón “Mostrar” mediante la interfaz táctil o el teclado. 5. El sistema carga la imagen del mapa elegido por el Usuario Visitante y lo muestra por pantalla. 6. El Usuario Visitante se desplaza por el mapa y modifica el zoom de visualización mediante la interfaz táctil o el teclado. 7. El caso de uso termina.

Tabla 43. Especificación del Caso de Uso UC-011

Identificador	UC-012
Caso de uso	MostrarLocalizaciónDispositivoMóvil
Actores	Usuario Visitante, Dispositivo GPS
Precondiciones	El Usuario Visitante debe acceder desde un dispositivo móvil compatible y debe haber cargado un mapa del sistema anteriormente.
Postcondiciones	El usuario visualiza su localización en el área metropolitana de Madrid en el mapa de sistema cargado.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Usuario Visitante informa al sistema mediante la interfaz táctil o el teclado de su intención de visualizar su localización actual en el mapa del sistema. 2. El sistema accede a la interfaz del Dispositivo GPS y carga las coordenadas de posicionamiento del dispositivo móvil. 3. El sistema muestra por pantalla el mapa del sistema y un marcador de localización en la posición del dispositivo móvil cargado. 4. El Usuario Visitante se desplaza por el mapa y modifica el zoom de visualización mediante la interfaz táctil o el teclado. 5. El caso de uso termina.

Tabla 44. Especificación del Caso de Uso UC-012

Identificador	UC-013
Caso de uso	RegistrarRutaDispositivoMóvil
Actores	Usuario Visitante, Dispositivo GPS
Precondiciones	El Usuario Visitante debe acceder desde un dispositivo móvil compatible y debe haber cargado un mapa del sistema anteriormente.
Postcondiciones	El usuario registra el itinerario seguido en el área metropolitana de Madrid en un fichero de ruta.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Usuario Visitante informa al sistema mediante la interfaz táctil o el teclado de su intención de registrar su ruta. 2. El sistema comprueba si hay un fichero de ruta para la fecha actual del sistema. 3. Si no hay fichero de ruta, el sistema crea uno para la fecha actual del sistema. 4. El sistema accede periódicamente a la interfaz del Dispositivo GPS y carga las coordenadas de posicionamiento del dispositivo móvil y el instante de tiempo. 5. El sistema almacena periódicamente en formato de texto plano las coordenadas y el instante de tiempo. 6. El Usuario Visitante se desplaza con su dispositivo móvil por el área metropolitana de Madrid. 7. El Usuario Visitante informa al sistema mediante la interfaz táctil o el teclado de su intención de dejar de registrar su ruta. 8. El sistema guarda y cierra el fichero de ruta. 9. El caso de uso termina.
Escenario alternativo: Existe fichero ruta	<ol style="list-style-type: none"> 3. Si hay fichero de ruta para la fecha actual del sistema, el sistema abre el fichero de ruta para añadir contenido. 4. El sistema accede periódicamente a la interfaz del Dispositivo GPS y carga las coordenadas de posicionamiento del dispositivo móvil y el instante de tiempo. 5. El sistema almacena periódicamente en formato de texto plano las coordenadas y el instante de tiempo. 6. El Usuario Visitante se desplaza con su dispositivo móvil por el área metropolitana de Madrid. 7. El Usuario Visitante informa al sistema mediante la interfaz táctil o el teclado de su intención de dejar de registrar su ruta. 8. El sistema guarda y cierra el fichero de ruta. 9. El caso de uso termina.

Tabla 45. Especificación del Caso de Uso UC-013

Identificador	UC-014
Caso de uso	DefinirPseudoEstación
Actores	Administrador
Precondiciones	
Postcondiciones	El usuario define en unas coordenadas geográficas determinadas una pseudo estación con valores fijos de las medidas de los contaminantes o una estación espejo de otra ya existente.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario Administrador abre el fichero XML de configuración de estaciones del sistema con un editor de textos. 2. El usuario Administrador define un elemento con etiquetas XML de pseudo estación y establece un identificador y las coordenadas geográficas de su localización con el teclado. 3. Si el usuario Administrador quiere definir un valor constante, establece un valor asociado a un contaminante concreto mediante su identificador, y/o un valor fijo por defecto para las mediciones de la pseudo estación para todos los contaminantes. 4. El usuario Administrador confirma el proceso y guarda el documento con las modificaciones. 5. El caso de uso termina.
Escenario alternativo: Definición de estación espejo	<ol style="list-style-type: none"> 3. Si el usuario Administrador quiere definir un valor relativo para los contaminantes, establece el identificador de la estación existente de la que se reflejarán los valores de las mediciones de la pseudo estación. 4. El usuario Administrador confirma el proceso y guarda el documento con las modificaciones. 5. El caso de uso termina.

Tabla 46. Especificación del Caso de Uso UC-0014

Identificador	UC-015
Caso de uso	ConfigurarGeneradorDeMapas
Actores	Administrador
Precondiciones	
Postcondiciones	El usuario configura los parámetros de generación de las imágenes de los mapas de contaminación y de rutas. Los parámetros pueden ser: alcance de la imagen, resolución de la imagen, granularidad de la estimación y factor de coloreado de la contaminación.

Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario Administrador abre el fichero XML de configuración del generador de mapas del sistema con un editor de textos. 2. El usuario Administrador accede al elemento XML de un parámetro de configuración determinado. 3. El usuario Administrador establece el valor del parámetro de configuración con el teclado. 4. El usuario Administrador confirma el proceso y guarda el fichero con las modificaciones. 5. El caso de uso termina.
------------------	--

Tabla 47. Especificación del Caso de Uso UC-015

Identificador	UC-016
Caso de uso	ConfigurarRecolectorMediciones
Actores	Administrador
Precondiciones	
Postcondiciones	El usuario Administrador establece la configuración configura los parámetros de recolección de datos sobre los servicios web de las estaciones y las mediciones de los contaminantes.
Escenario básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario Administrador abre el fichero XML de configuración del recolector de mediciones del sistema con un editor de textos. 2. El usuario Administrador accede al elemento XML de las peticiones a un servicio web configurado. 3. El usuario Administrador establece el valor de una propiedad de las peticiones al servicio web con el teclado. 4. El usuario Administrador confirma el proceso y guarda el fichero con las modificaciones. 5. El caso de uso termina.

Tabla 48. Especificación del Caso de Uso UC-016

Identificador	UC-017
Caso de uso	RecolectarDatosEstaciones
Actores	Time, Servicio web RVCA
Precondiciones	
Postcondiciones	El usuario Administrador establece la configuración configura los parámetros de recolección de datos sobre las estaciones y las mediciones de los contaminantes.

Escenario básico	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario Time informa al sistema de su intención de actualizar la información sobre las estaciones con una frecuencia de 15 minutos.2. El sistema realiza una petición web de actualización al usuario Servicio web RVCA de la información de las estaciones.3. El usuario Servicio web RVCA responde con los datos de las estaciones existentes y sus mediciones.4. El sistema actualiza la base de datos con la información recibida si no existiera.5. El caso de uso termina.
------------------	--

Tabla 49. Especificación del Caso de Uso UC-017

4.3 ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS SOFTWARE

En este apartado se van a recoger los requisitos software. Estos requisitos identifican los aspectos que deberá desempeñar el sistema solución y representan el acuerdo entre el equipo de desarrollo, el cliente y los usuarios finales de las características finales del mismo. Por este motivo es de vital importancia que su especificación sea completa, coherente, clara y unívoca.

Los requisitos se describen de la misma forma que los requisitos de usuario del apartado 3.3.1 *Identificación de requisitos de usuario*, y están clasificados en los siguientes tipos:

- **Requisitos Funcionales:** definen el propósito del software y se derivan de los casos de uso y de los requisitos de capacidad del usuario.
- **Requisitos de Rendimiento:** especifican características del procesamiento, capacidad o funcionamiento del sistema mediante valores cuantitativos.
- **Requisitos de Interfaz:** identifican y describen las interfaces hardware y software con el que el sistema o componentes del sistema deben interactuar o comunicarse. Los requisitos de interfaz se deben clasificar en hardware, software y de comunicaciones.
- **Requisitos de Recursos:** establecen los límites superiores en recursos físicos tales como potencia de proceso, la memoria principal, espacio de disco, etc.
- **Requisitos de Documentación:** especifican los requisitos específicos del proyecto para la documentación, además de los contenidos en los estándares.

4.3.1 Requisitos Funcionales

SR-F001	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C023
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Seguir un modelo arquitectónico de cliente/servidor de peticiones web.

Tabla 50. Requisito de Software SR-F001

SR-F002	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C001, UR-C002, UR-C004, UR-C005, UR-C009, UR-C010, UR-C015, UR-C023
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	<p>Estar compuesto por los siguientes módulos o subsistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recolector de Mediciones: actualiza información de las estaciones y mediciones de los contaminantes. • Generador de Mapas: procesa la información de las mediciones de los contaminantes de las estaciones y elabora imágenes de capas de mapas. • Servidor de Mapas: presenta la interfaz web de descarga y visualización de mapas. • Sistema Gestor de Bases de Datos: recoge la interfaz de la base de datos al sistema para el almacenamiento y consulta de información. • Cliente Móvil: representa la aplicación cliente del sistema para la localización y visualización de mapas en dispositivos móviles.

Tabla 51. Requisito de Software SR-F002

SR-F003	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C001, UR-C004, UR-C007, UR-C008, UR-C009, UR-C023
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Diferenciar entre los siguientes roles de usuarios del sistema: <ul style="list-style-type: none"> • Usuario Visitante: usuario cliente del sistema con acceso vía web al Servidor de Mapas o mediante un dispositivo móvil al Cliente Móvil. • Administrador: usuario con permisos de administración del sistema.

Tabla 52. Requisito de Software SR-F003

SR-F004	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C023
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Ofrecer un servicio de servidor web mediante el módulo Servidor de Mapas a <i>Usuario Visitante</i> .

Tabla 53. Requisito de Software SR-F004

SR-F005	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C015, UR-R003
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Ofrecer una aplicación para dispositivos móviles a <i>Usuario Visitante</i> para visualizar las imágenes descargadas de los mapas del sistema sobre la plataforma Windows Mobile 5.0 [19] mediante el módulo Cliente Móvil.

Tabla 54. Requisito de Software SR-F005

SR-F006	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C003, UR-C004, UR-C009
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	<p>Visualizar mediante el Servidor de Mapas a <i>Usuario Visitante</i> los siguientes mapas del sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapa callejero: mapa de calles y carreteras del área metropolitana de Madrid. • Mapa de contaminación: mapa de las calles y carreteras del área metropolitana de Madrid con una capa de coloración representativa de la contaminación de un determinado día, hora y contaminante. • Mapa de ruta: mapa de las calles y carreteras del área metropolitana de Madrid con la representación lineal de un determinado itinerario seguido por el usuario.

Tabla 55. Requisito de Software SR-F006

SR-F007	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	<p>Visualizar el mapa de contaminación a <i>Usuario Visitante</i> desde el Servidor de Mapas mediante la información sobre la fecha, la hora y el contaminante del mapa.</p>

Tabla 56. Requisito de Software SR-F007

SR-F008	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C003, UR-C004, UR-C009, UR-C017
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja

Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Hacer zoom en la visualización de los mapas del sistema a <i>Usuario Visitante</i> desde el Servidor de Mapas.

Tabla 57. Requisito de Software SR-F008

SR-F009	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C003, UR-C004, UR-C009, UR-C018
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Desplazar la visualización de los mapas del sistema por el área metropolitana de Madrid a <i>Usuario Visitante</i> desde el Servidor de Mapas.

Tabla 58. Requisito de Software SR-F009

SR-F010	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C005
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Descargar el mapa de contaminación a <i>Usuario Visitante</i> desde el Servidor de Mapas mediante la información sobre la fecha, la hora y el contaminante del mapa.

Tabla 59. Requisito de Software SR-F010

SR-F011	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja

Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	<p>Mostrar a <i>Usuario Visitante</i> la información asociada al mapa de contaminación correspondiente a una fecha, hora y contaminante en su visualización desde el Servidor de Mapas. Esta información será:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El nombre del mapa. • El nombre del contaminante. • El día y hora. • El número de estaciones totales existentes con medidas válidas. • El número de estaciones totales existentes con medidas válidas pertenecientes a Madrid.

Tabla 60. Requisito de Software SR-F011

SR-F012	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C001, UR-C004, UR-C006, UR-C007, UR-C008
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	<p>Mostrar a <i>Usuario Visitante</i> la información asociada las estaciones con medidas disponibles correspondientes a un fecha, hora y contaminante en la visualización de un mapa de contaminación desde el Servidor de Mapas. Esta información será:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El marcador de localización de la estación en el mapa. • Las coordenadas geográficas de la estación. • El identificador de la estación. • El nombre asociado a la estación. • La dirección y distrito de la estación. • La fecha de la medida empleada en el mapa. • El nombre del contaminante de la medida. • El valor y unidades de la medida.

Tabla 61. Requisito de Software SR-F012

SR-F013	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004, UR-C005
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Elaborar la imagen del mapa de contaminación a partir de todas las mediciones existentes de las estaciones disponibles para una fecha, hora y contaminante determinados.

Tabla 62. Requisito de Software SR-F013

SR-F014	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004, UR-C005
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Elaborar la imagen del mapa de contaminación a partir de todas las mediciones existentes de una hora y contaminante de la fecha anterior a siete días naturales a la fecha inicial para el caso de las estaciones que no dispongan de mediciones para dicha fecha.

Tabla 63. Requisito de Software SR-F014

SR-F015	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004, UR-C005
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.

Descripción:	<p>Almacenar la imagen del mapa de contaminación de una fecha, hora y contaminante determinados a través del Sistema Gestor de Bases de Datos junto con la información siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La fecha correspondiente al mapa. • La hora del mapa. • El contaminante. • La resolución de la imagen. • La granularidad de la estimación. • El factor de coloreado. • Las coordenadas de la esquina superior izquierda del alcance de la imagen en el mapa terrestre. • El tamaño en coordenadas del alcance de la imagen en el mapa terrestre.
--------------	---

Tabla 64. Requisito de Software SR-F015

SR-F016	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004, UR-C005, UR-C022
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	<p>Configurar el Generador de Mapas a usuario <i>Administrador</i> para los parámetros de elaboración de los mapas de contaminación siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resolución de la imagen: cantidad de píxeles de la imagen. • Granularidad de la estimación: cantidad de muestras llevadas a cabo en el área para la estimación del grado de concentración del contaminante a partir del de las estaciones. • Factor de coloreado: grado de color para los valores de las concentraciones de los contaminantes en la estimación del área en la generación de la imagen de la capa de contaminación. • Coordenadas de la esquina superior izquierda: localización en coordenadas de la esquina superior izquierda del cuadrado abarcado por la imagen del mapa de contaminación en el mapa terrestre. • Tamaño en coordenadas: valor en coordenadas del lado del cuadrado abarcado por la imagen en el mapa terrestre. • Número de estaciones mínimas de Madrid: establece el requisito de información mínimo del número de estaciones de Madrid con mediciones válidas para la generación del mapa de contaminación para una fecha y hora. • Número de estaciones mínimas de fuera de Madrid: establece el

	requisito de información mínimo del número de estaciones que no son de Madrid con mediciones válidas para la generación del mapa de contaminación para una fecha y hora.
--	--

Tabla 65. Requisito de Software SR-F016

SR-F017	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004, UR-C007, UR-C008
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	<p>Configurar el Servidor de Mapas por el usuario <i>Administrador</i> con las pseudo estaciones y estaciones espejo que se utilizarán en la generación de los mapas de contaminación. Para cada una se podrá determinar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificador: un valor unívoco de la pseudo estación entre todas las estaciones existentes. • Latitud: valor de la coordenada de latitud donde se localizará la pseudo estación. • Longitud: valor de la coordenada de longitud donde se localizará la pseudo estación. • Activa: declara si la pseudo estación se podrá utilizar para la generación de nuevos mapas o si tiene únicamente una función informativa. • IdRef: identificador de la estación de la que se tomarán las mediciones en la generación de mapas. Este parámetro es opcional, pero en el caso de que se establezca estaremos ante una estación espejo. • Par idContaminante/Valor: valor prefijado constante de la medición de la pseudo estación para el contaminante identificado por idContaminante. Este parámetro es opcional, pero podrá repetirse. • Valor por defecto: es el valor de las mediciones de los contaminantes a los que no se les estableció específicamente uno. Este parámetro es opcional.

Tabla 66. Requisito de Software SR-F017

SR-F018	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C001, UR-C002, UR-C013
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja

Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	<p>Configurar el Recolector de Mediciones al usuario <i>Administrador</i> con los servicios web de la RVCA de donde se obtendrán la información sobre las estaciones existentes y las medidas que recojan. Para cada servicio se podrá determinar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Método de petición: es el identificador del método de las peticiones TCP [26] realizadas al servicio RVCA. • Url: dirección web del servicio. • Parser: clase Java que llevará a cabo la interpretación y conversión de la información de las respuestas de las peticiones a los servicios RVCA para la actualización adecuada del Sistema Gestor de Bases de Datos. • Campo: declara el nombre del parámetro de las peticiones correspondiente a las estaciones. • Valor: es la cadena de texto que identifica a la estación. Este valor se repetirá según el número de estaciones existentes y se asociará al nombre del parámetro del campo en cada una de las peticiones de información de las estaciones. • Atributo: conjunto de parámetro/valor que se enviarán por defecto en cada una de las peticiones de información de las estaciones. Puede aparecer múltiples veces.

Tabla 67. Requisito de Software SR-F018

SR-F019	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C009
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar el mapa de ruta a <i>Usuario Visitante</i> desde el Servidor de Mapas a partir de la información de un fichero de ruta con las coordenadas terrestres de los puntos del itinerario seguido por el área metropolitana de Madrid.

Tabla 68. Requisito de Software SR-F019

SR-F020	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C010
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja

Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Descargar el mapa de ruta a <i>Usuario Visitante</i> desde el Servidor de Mapas a partir de la información de un fichero de ruta con las coordenadas terrestres y el instante de tiempo de los puntos que componen el itinerario por el área metropolitana de Madrid.

Tabla 69. Requisito de Software SR-F020

SR-F021	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C009
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Mostrar a <i>Usuario Visitante</i> la información asociada al mapa de ruta correspondiente a un fichero de ruta determinado en su visualización desde el Servidor de Mapas. Esta información será: <ul style="list-style-type: none"> El número de puntos del recorrido. La distancia total de la ruta. El tiempo de realización de ruta.

Tabla 70. Requisito de Software SR-F021

SR-F022	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C009, UR-C011, UR-C020, UR-C021
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.

Descripción:	<p>Mostrar a <i>Usuario Visitante</i> la información asociada al mapa de ruta según una fecha, hora y contaminante determinados en su visualización desde el Servidor de Mapas. Esta información será:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El factor de exposición total estimado al contaminante para la fecha y hora concretos. • Colorear los tramos de la ruta mostrada según el grado de peligrosidad de la exposición global a los contaminantes. • Gráfico de la evolución del factor de exposición total a lo largo de los tramos del recorrido de la ruta a la hora y día de la fecha concreta. • Gráfico de la evolución del factor de exposición total a lo largo de las horas del día de la fecha concreta. • Gráfico de la evolución del factor de exposición total a lo largo de la semana natural de la fecha en el horario concreto.
--------------	--

Tabla 71. Requisito de Software SR-F022

SR-F023	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C009, UR-C011, UR-C012, UR-C017, UR-C018
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar mapas de rutas alternativas a <i>Usuario Visitante</i> con niveles totales más bajos de exposición al contaminante en la visualización del mapa de ruta para un fichero de ruta, una fecha, hora y contaminante determinados.

Tabla 72. Requisito de Software SR-F023

SR-F024	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C019
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input checked="" type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Descargar mapas de rutas recomendables a <i>Usuario Visitante</i> de interés o naturaleza variada (paseo, footing, rutas culinarias, rutas culturales, rutas de ocio, etc).

Tabla 73. Requisito de Software SR-F024

SR-F025	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C013
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Permitir añadir nuevos factores a representar en la elaboración de mapas de contaminación.

Tabla 74. Requisito de Software SR-F025

SR-F026	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C011, UR-C013, UR-C020, UR-C021
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input checked="" type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Permitir obtener los gráficos y niveles totales de exposición en los mapas de rutas en base a nuevos factores distintos a los contaminantes.

Tabla 75. Requisito de Software SR-F026

SR-F027	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C003, UR-C015, UR-C017, UR-C018
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar el mapa callejero a <i>Usuario Visitante</i> desde el Cliente Móvil a través de la imagen del mapa de callejero del área metropolitana de Madrid.

Tabla 76. Requisito de Software SR-F027

SR-F028	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C014
Necesidad: <input type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input checked="" type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Mostrar a <i>Usuario Visitante</i> la dirección postal de una localización geográfica situada sobre el mapa callejero.

Tabla 77. Requisito de Software SR-F028

SR-F029	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004, UR-C015, UR-C017, UR-C018
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar el mapa de contaminación a <i>Usuario Visitante</i> desde el Cliente Móvil a través de la imagen del mapa de contaminación de una fecha, hora y contaminante determinados.

Tabla 78. Requisito de Software SR-F029

SR-F030	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C009, UR-C015, UR-C017, UR-C018
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar el mapa de ruta a <i>Usuario Visitante</i> desde el Cliente Móvil a través la imagen del mapa de ruta de un fichero de ruta determinado.

Tabla 79. Requisito de Software SR-F030

SR-F031	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C015, UR-C016
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Visualizar la localización geográfica del dispositivo móvil a <i>Usuario Visitante</i> desde el Cliente Móvil a través de uno de los mapas del sistema.

Tabla 80. Requisito de Software SR-F031

SR-F032	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C016
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Registrar la ruta del dispositivo móvil en el Cliente Móvil a través de la consulta y almacenamiento periódicos de las coordenadas geográficas del dispositivo móvil en un fichero de ruta .

Tabla 81. Requisito de Software SR-F032

SR-F033	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C015, UR-C017
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Hacer zoom en la visualización de los mapas del sistema a <i>Usuario Visitante</i> desde el Cliente Móvil.

Tabla 82. Requisito de Software SR-F033

SR-F034	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C015, UR-C018
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Desplazar la visualización de los mapas del sistema por el área metropolitana de Madrid a <i>Usuario Visitante</i> desde el Cliente Móvil.

Tabla 83. Requisito de Software SR-F034

SR-F035	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C001, UR-C002, UR-R006
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Obtener periódicamente la información de las estaciones y de sus mediciones del grado de concentración de contaminantes a partir de los servicios web de la RVCA de la Comunidad de Madrid.

Tabla 84. Requisito de Software SR-F035

SR-F036	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C001, UR-C002, UR-C006
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Almacenar información sobre las estaciones como el identificador, el nombre, la dirección, el distrito y las coordenadas de localización.

Tabla 85. Requisito de Software SR-F036

SR-F037	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C001, UR-C002, UR-C013
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Almacenar la información sobre los contaminantes como el nombre, la abreviatura y las unidades de medida.

Tabla 86. Requisito de Software SR-F037

SR-F038	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C001, UR-C002, UR-C004, UR-C006, UR-C011, UR-C020, UR-C021
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Almacenar la información de las mediciones de las estaciones como el valor, la fecha y hora en que fue tomada, y la estación.

Tabla 87. Requisito de Software SR-F038

4.3.1 Requisitos de Rendimiento

SR-R001	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-R001
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Ofrecer un servicio web con una disponibilidad del 99,9% del tiempo y accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

Tabla 88. Requisito de Rendimiento SR-R001

SR-R002	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-R002
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Ser computacionalmente accesible desde internet mediante computadores con capacidad de ejecución de navegadores web Firefox 3.0 o Google Chrome 4.0 y memoria de 128MB.

Tabla 89. Requisito de Rendimiento SR-R002

SR-R003	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-R003, UR-R004
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Ser computacionalmente accesible desde dispositivos móviles desde un navegador web compatible JavaScript [12].

Tabla 90. Requisito de Rendimiento SR-R003

SR-R004	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-R003, UR-R007
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Ser el módulo Cliente Móvil del sistema computacionalmente accesible desde dispositivos móviles mediante una aplicación cliente para Windows Mobile 5.0 [19].

Tabla 91. Requisito de Rendimiento SR-R004

SR-R005	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-R005
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Restringir el alcance de los mapas del sistema al área metropolitana de Madrid.

Tabla 92. Requisito de Rendimiento SR-R005

SR-R006	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-R006
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Limitar la falta de disponibilidad de información actualizada de las mediciones de las estaciones al máximo de una hora de tiempo desde la hora prevista de emisión de la información.

Tabla 93. Requisito de Rendimiento SR-R006

SR-R007	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-R006
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Limitar la falta de disponibilidad de los mapas de contaminación al máximo de 15 minutos después de la primera solicitud de visualización del mapa de una fecha, hora y contaminante determinados.

Tabla 94. Requisito de Rendimiento SR-R007

4.3.1 Requisitos de Interfaz

SR-I001	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C001, UR-C002, UR-C013, UR-C019, UR-R006
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar el módulo Sistema Gestor de Base de Datos la base de datos PostgreSQL 8.4 [6].

Tabla 95. Requisito de Interfaz SR-I001

SR-I002	
Prioridad: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C023, UR-R001, UR-R002, UR-R004
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar el módulo Servidor de Mapas el contenedor de servlets para Java de tipo Apache Tomcat 6.0 [5].

Tabla 96. Requisito de Interfaz SR-I002

SR-I003	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C003, UR-C004, UR-C006, UR-C009, UR-C014, UR-C017, UR-C018
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar la interfaz Google Maps API [11] para la visualización de los mapas del sistema a través del Servidor de Mapas de <i>Usuario Visitante</i> .

Tabla 97. Requisito de Interfaz SR-I003

SR-I004	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C003, UR-C004, UR-C006, UR-C009, UR-C014, UR-C017, UR-C018, UR-R002
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar JavaScript [12] en la comunicación con la interfaz Google Maps API [11].

Tabla 98. Requisito de Interfaz SR-I004

SR-I005	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C020, UR-C021
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar la interfaz Google Chart Tools [24] para la generación de las imágenes de los gráficos de exposición total a los contaminantes.

Tabla 99. Requisito de Interfaz SR-I005

SR-I006	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C020, UR-C021
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar peticiones HTTP con la sintaxis adecuada en la comunicación con la interfaz Google Chart Tools [24].

Tabla 100. Requisito de Interfaz SR-I006

SR-I007	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C020, UR-C021
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Formatear las imágenes de los gráficos de exposición total a los contaminantes de la interfaz Google Chart Tools [24] en un tipo PNG.

Tabla 101. Requisito de Interfaz SR-I007

SR-I008	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004, UR-C005, UR-C009, UR-C010
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar la interfaz CGAL [18] en la elaboración de la imagen del mapa de contaminación y del mapa de ruta del área metropolitana de Madrid.

Tabla 102. Requisito de Interfaz SR-I008

SR-I009	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004, UR-C005, UR-C009, UR-C010
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar la sintaxis de la GCL de GeomView [22] para la comunicación con la interfaz CGAL [18].

Tabla 103. Requisito de Interfaz SR-I009

SR-I010	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C004, UR-C005, UR-C009, UR-C010
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar la interfaz del sistema operativo Ubuntu Server Edition [3] versión 10.4 LTS para la invocación de la interfaz CGAL [18] implementada en C++ desde el módulo Generador de Mapas de Java.

Tabla 104. Requisito de Interfaz SR-I010

SR-I011	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C016
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar la interfaz Dispositivo GPS para obtener las coordenadas geográficas del dispositivo móvil.

Tabla 105. Requisito de Interfaz SR-I011

SR-I012	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C001, UR-C002, UR-R006
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Utilizar peticiones HTTP para la comunicación con la interfaz Servicio web RVCA para la obtención de la información de estaciones y medidas de contaminantes.

Tabla 106. Requisito de Interfaz SR-I012

SR-I013	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C005, UR-R007, UR-C010
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Formatear los mapas del sistema para descarga en ficheros de imagen de tipo JPEG o GIF con una resolución de 1000 píxeles de alto y 800 píxeles de ancho.

Tabla 107. Requisito de Interfaz SR-I013

SR-I014	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C007, UR-C008, UR-C012, UR-C022
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Formatear los ficheros de configuración del sistema mediante una notación XML de texto plano.

Tabla 108. Requisito de Interfaz SR-I014

SR-I015	
Prioridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Fuente: UR-C009, UR-C016
Necesidad: <input checked="" type="checkbox"/> Esencial <input type="checkbox"/> Deseable <input type="checkbox"/> Opcional	
Claridad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja	Verificabilidad: <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja
Estabilidad:	Durante toda la vida del proyecto.
Descripción:	Formatear el fichero de ruta mediante una notación XML de texto plano.

Tabla 109. Requisito de Software SR-F015

4.4 ANÁLISIS DE CLASES

Se procede a la identificación de las clases resultantes del análisis de los casos de uso y de los requisitos. Para cada una de ellas se deberá detallar los atributos y operaciones de derivación lógica desde las responsabilidades que se le asignen a la clase. Además, se establecerán y describirán las relaciones de agregación, asociación o generalización que puedan aplicarse según las características de las mismas.

La asignación de responsabilidades se llevará a cabo mediante la descomposición en subsistemas, componentes y clases. De tal forma que se pueda conseguir una división funcional adecuada al modelo de negocio del sistema.

A continuación se presenta el diagrama de contexto del sistema que muestra a un alto nivel de abstracción las dependencias del sistema respecto a otros sistemas externos.

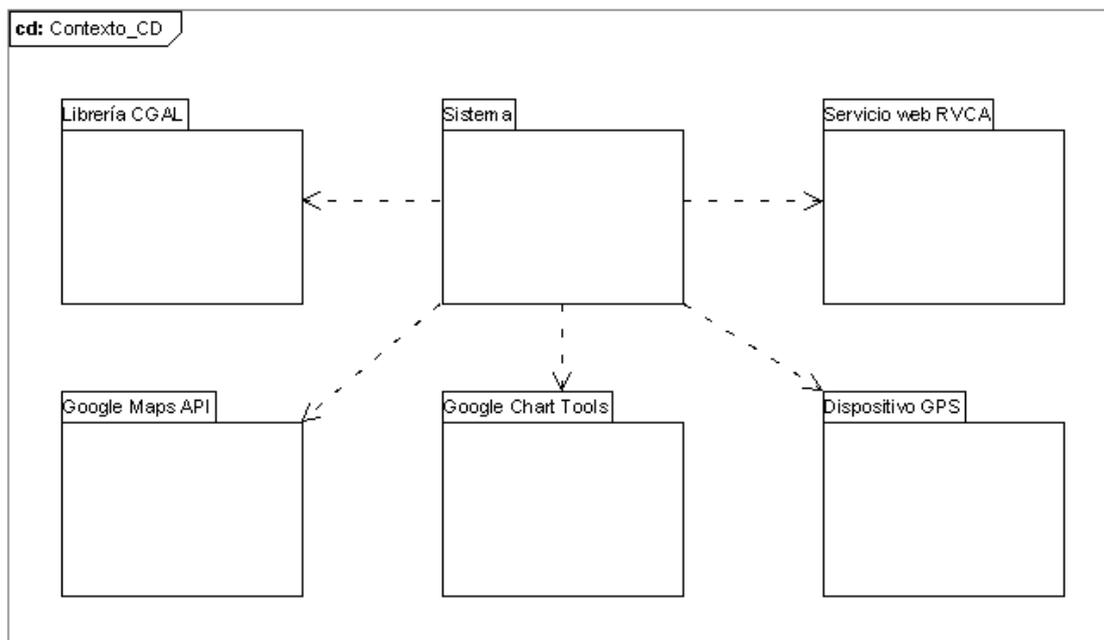


Ilustración 12. Diagrama de Clases del Contexto del Sistema.

El componente *Sistema* es sistema software final, y los demás son los sistemas externos que ya han sido identificados y descritos anteriormente.

El diagrama de clases del sistema muestra los subsistemas de información en los que se divide la lógica del software. Todos ellos derivan de una organización funcional a excepción del componente *Modelo* que pertenece a la agrupación de los objetos de dominio con la representación de los datos del sistema.

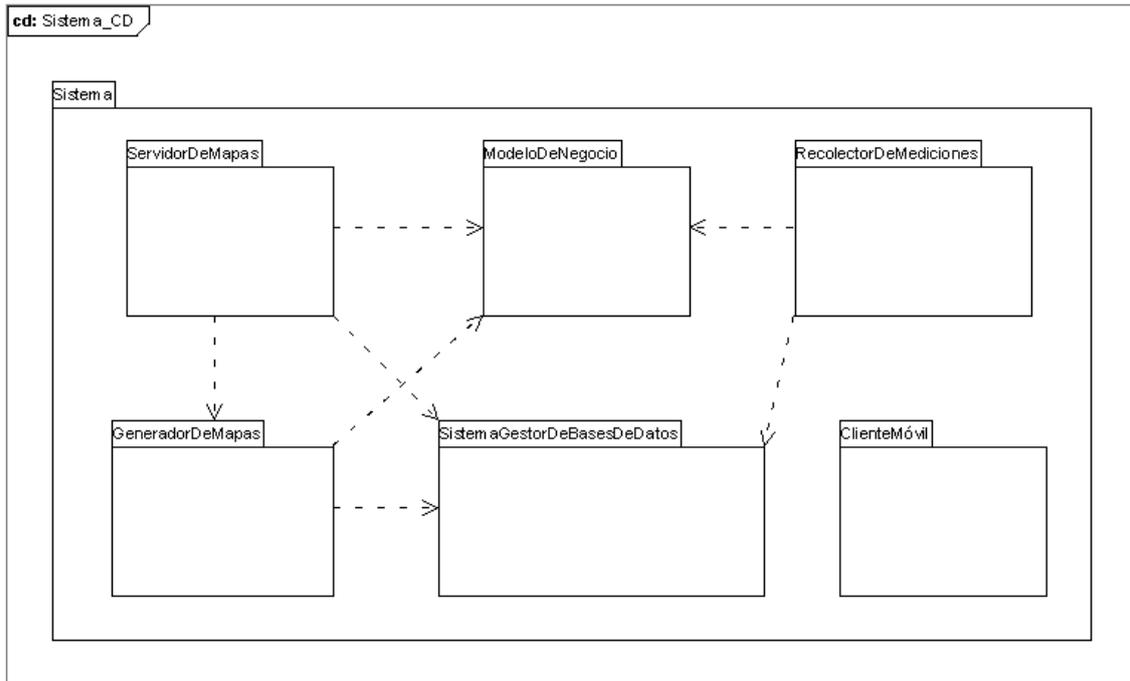


Ilustración 13. Diagrama de Clases del Sistema de información.

La funcionalidad de cada uno de estos subsistemas ya ha sido descrita en apartados anteriores.

Aumentando el nivel de detalle de los diagramas tenemos el del Servidor de Mapas. Este módulo se encargaba de la interfaz web del sistema hacia el usuario. Puesto que se desenvuelve en un entorno Java, poseerán la naturaleza de servlets.

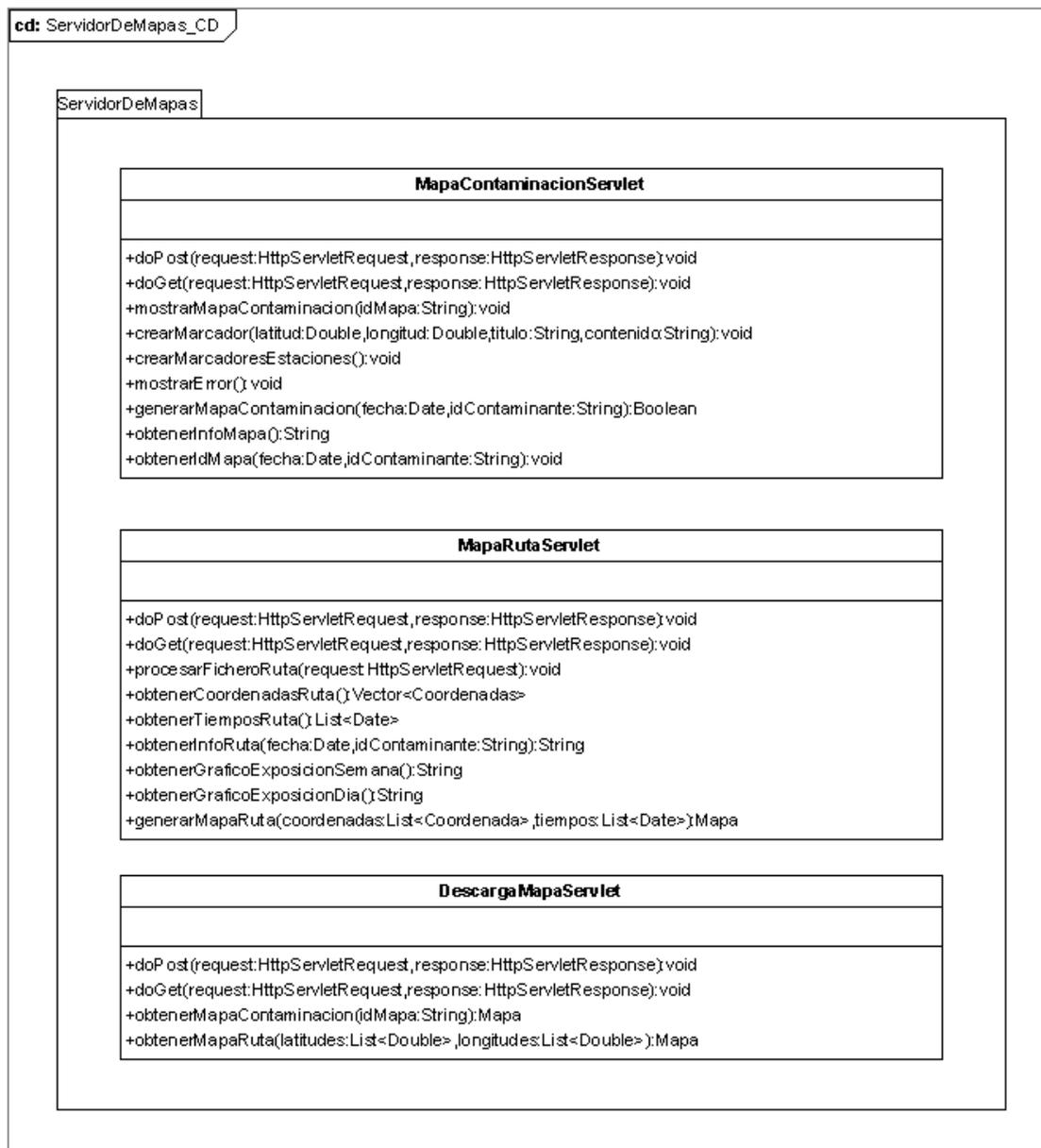


Ilustración 14. Diagrama de Clases del Servidor de Mapas.

Las responsabilidades más específicas de cada una de las clases del módulo Servidor de Mapas se exponen a continuación:

- **MapaContaminaciónServlet:** se encarga de atender las peticiones de información y visualización de mapas callejeros y mapas de contaminación mediante la interfaz *Google Maps API*. Intenta recuperar el mapa de contaminación referente a la petición, y si no existiese invoca la generación del mapa correspondiente a través de la clase *ModeloDeNegocio.GestorFuncional*. Para cada mapa visualizado, recapitula y muestra la información asociada del mapa y de las estaciones mediante mensajes o marcadores.
- **MapaRutaServlet:** atiende las peticiones de visualización de mapas de rutas mediante la interfaz *Google Maps API*. Comprueba e interpreta los ficheros de rutas. Invoca los

procesos necesarios del *ModeloDeNegocio.GestorFuncional* para la elaboración de los mapas de rutas con la información recogida. Obtiene la información de la ruta del mapa sobre la contaminación y los factores de exposición y la muestra al usuario. Finalmente elabora los gráficos de exposición total mediante la interfaz de *Google Chart Tools*.

- ***DescargaMapaServlet***: satisface las peticiones de descarga de los mapas de contaminación y de rutas. Interpreta la información enviada por el usuario sobre la contaminación y las rutas y obtiene los mapas correspondientes mediante la clase *ModeloDeNegocio.GestorFuncional*.

El diagrama del módulo Generador de Mapas sólo contiene una clase llamada ***GeneradorMapas***. Esta clase interactúa con la interfaz de *Librería CGAL* para llevar a cabo todo lo relacionado con la elaboración de los mapas. Obtiene los parámetros de configuración de la generación de las imágenes, elabora los ficheros con la información asociada a los mapas e invoca la interfaz Librería CGAL mediante operaciones estáticas que no dependen del estado del objeto.

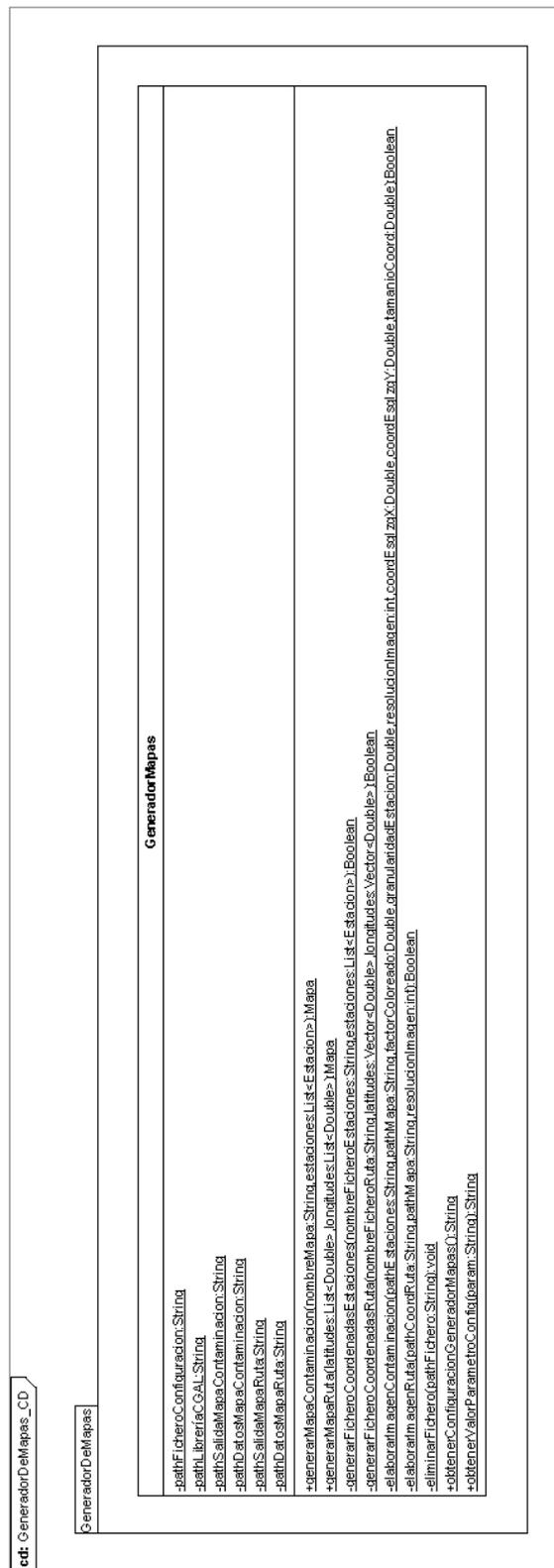


Ilustración 15. Diagrama de Clases del Generador de Mapas.

Las clases relacionadas con los objetos del dominio se recogen en el componente Modelo. Estas clases tratan de encapsular los datos de ciertas unidades de información repetidas en múltiples procesos del sistema. Las respectivas descripciones de las clases son:

- **Medida:** contiene los datos de una medición de un agente contaminante hecha por una estación para una fecha y hora determinadas. Por ello, además de estos atributos, contiene también un identificador que servirá de referencia, el valor propio de la medición y las operaciones para acceder a ellos de forma controlada.
- **Contaminante:** asume las características de un agente contaminante medido por una estación como su identificador, su nombre, la abreviatura su la tuviera y las unidades de medición del mismo. Las operaciones son las correspondientes al acceso a los atributos.
- **Estación:** posee los aspectos de cada estación de medición de Madrid o de alrededores. Para ello dispone de un atributo identificador, un nombre asociado, una dirección y distrito de situación, unas coordenadas geográficas para la localización exacta y un atributo para las medidas realizadas por la estación, haciendo uso de la clase *Medida*. Las operaciones vuelven a ser las correspondientes al acceso a los atributos.
- **PseudoEstacion:** está convenida como una estación con una naturaleza especial. Responde a las estaciones creadas de forma artificial para simular mediciones de contaminantes. Puede ser una pseudo estación corriente con un valor fijo para las mediciones de los contaminantes o una estación espejo que refleja las mediciones de otra estación de referencia. No obstante, al ser una estación esta clase extiende a la clase *Estacion*, pero además añade atributos como *esEstacionEspejo* para determinar el caso de que lo sea, un valor para establecer el valor fijo de las pseudo estaciones para los contaminantes recogidos en *idsContaminantes*, un *idRef* para identificar la estación espejo en el caso correspondiente y un atributo *activa* para conocer el estado de aplicación de la pseudo estación. Las operaciones simplemente acceden a los atributos.
- **Mapa:** engloba la información de un mapa de contaminación o de ruta del sistema. Entre ésta podemos encontrar el identificador, la fecha del mapa que representa, el identificador del contaminante, los datos propios de la imagen, la resolución de la imagen contenida, la granularidad de la estimación utilizada o el factor de coloreado, entre otros. Las operaciones permiten el acceso seguro a los atributos.
- **GestorFuncional:** contiene la lógica de negocio del sistema respecto a los parámetros de configuración y la información de los mapas, su generación y almacenamiento. Ofrece una interfaz simple para ello al Servidor de Mapas y se relaciona con el Sistema Gestor de Bases de Datos para obtener la información de las estaciones y sus mediciones, y directamente con la clase *GeneradorDeMapas.GeneradorMapas* para llevar a cabo la generación de mapas.

cd: ModeloDeNegocio_CD1/2

ModeloDeNegocio

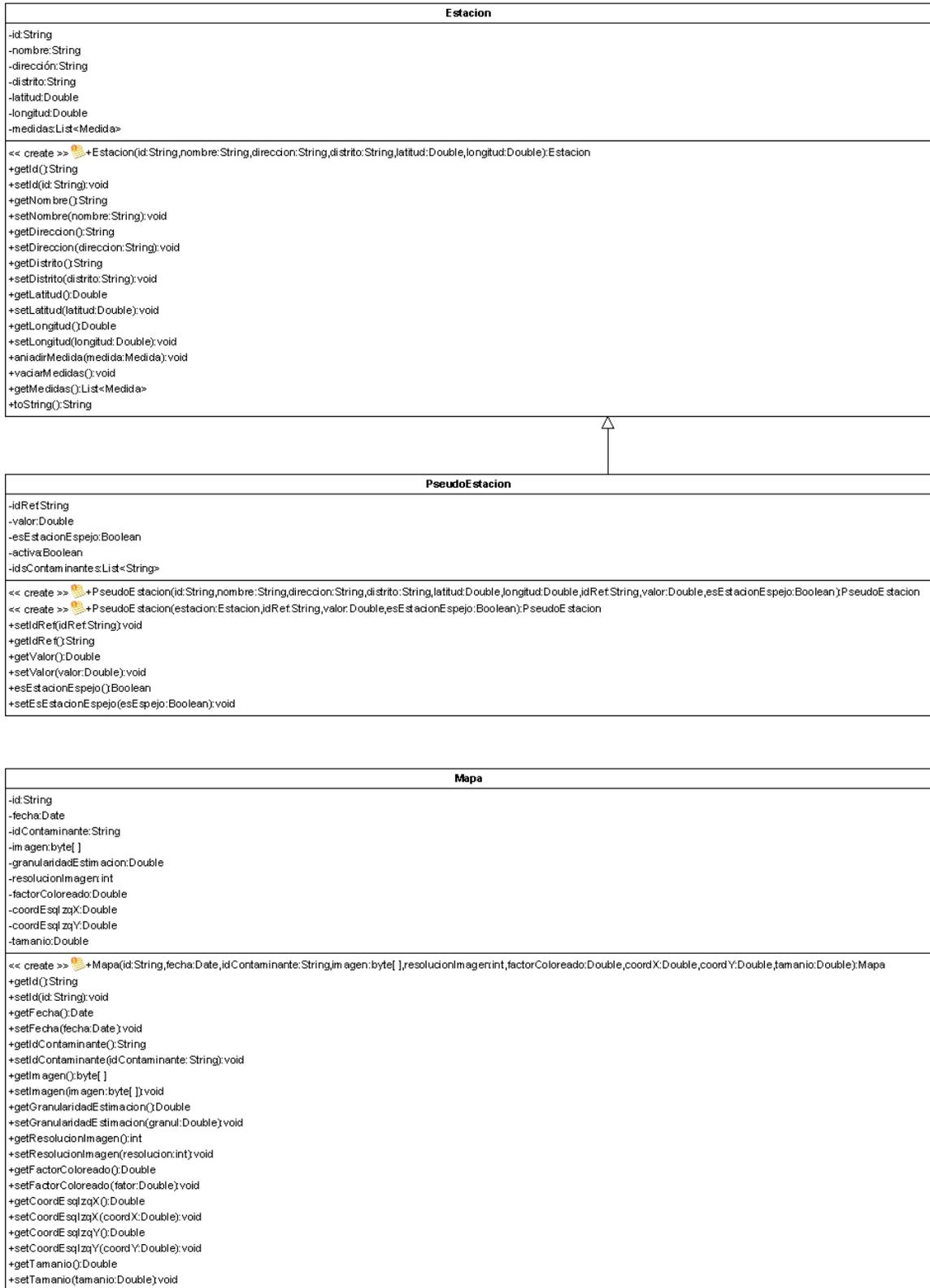


Ilustración 16. Diagrama de Clases del Modelo de Negocio (1/2).

cd: ModeloDeNegocio_CD2/2

ModeloDeNegocio

GestorFuncional

```

+generarMapaContaminacion(fecha:Date, jdContaminante:String, conPseudoEstaciones:Boolean):Mapa
+generarMapaRuta():Mapa
+obtenerPseudoEstacionesActivas():List<PseudoEstaciones>
+obtenerConfiguracionPseudoEstaciones():void
+sePuedeCrearMapa(fecha:Date, jdContaminante:String):Boolean
+guardarMapaContaminacion(mapa:Mapa):void
+operación_54():void
+obtenerFactorExposicion(coordenadas:List<Coordenadas>, fecha:Date, jdContaminante:String):void

```

Contaminante

```

-id:String
-nombre:String
-abreviatura:String
-unidades:String

```

```

<< create >> +Contaminante(id:String, nombre:String, abreviatura:String, unidades:String):Contaminante
+getId():String
+setId(id:String):void
+getNombre():String
+setNombre(nombre:String):void
+getAbreviatura():String
+setAbreviatura(abrev:String):void
+getUnidades():String
+setUnidades(unidades:String):void

```

Medida

```

-id:String
-valor:Double
-fecha:Date
-idContaminante:String
-idEstacion:String

```

```

<< create >> +Medida(id:String, valor:Double, fecha:Date, jdContaminante:String, idEstacion:String):Medida
<< create >> +Medida(valor:Double, fecha:Date, jdContaminante:String, idEstacion:String):Medida
+getId():String
+setId(id:String):void
+getValor():Double
+setValor(valor:Double):void
+getFecha():Date
+setFecha(fecha:Date):void
+getIdContaminante():String
+setIdContaminante(jdContaminante:String):void
+getIdEstacion():String
+setIdEstacion(idEstacion:String):void
+toString():String

```

Ilustración 17. Diagrama de Clases del Modelo de Negocio (2/2).

El diagrama de clases del Sistema Gestor de Bases de Datos presenta dos clases que ofrecen la funcionalidad de almacenamiento, persistencia y recuperación de los datos. Estas clases son:

- **GestorConexiones:** permite obtener conexiones con la base de datos PostgreSQL [6]. Para ello tiene los atributos referentes al nombre del controlador de la base de datos, la url del servicio de base de datos del sistema, el nombre de usuario y la contraseña de acceso al servicio. Las operaciones obtienen una conexión a la base de datos con los parámetros de los atributos, y permiten el cierre de la misma. Además, hay métodos para la creación y destrucción de sentencias para el acceso a la base de datos.
- **GestorPostgreSQL:** es la clase responsable de ofrecer al resto de módulos la interfaz a las operaciones de negocio del sistema. Ellas permiten añadir o simplemente acceder a las estaciones, las medidas de contaminantes, los propios contaminantes o los mapas del sistema. Para ello se sirve de identificadores o según sea el caso mediante la fecha, el contaminante o la estación correspondiente.

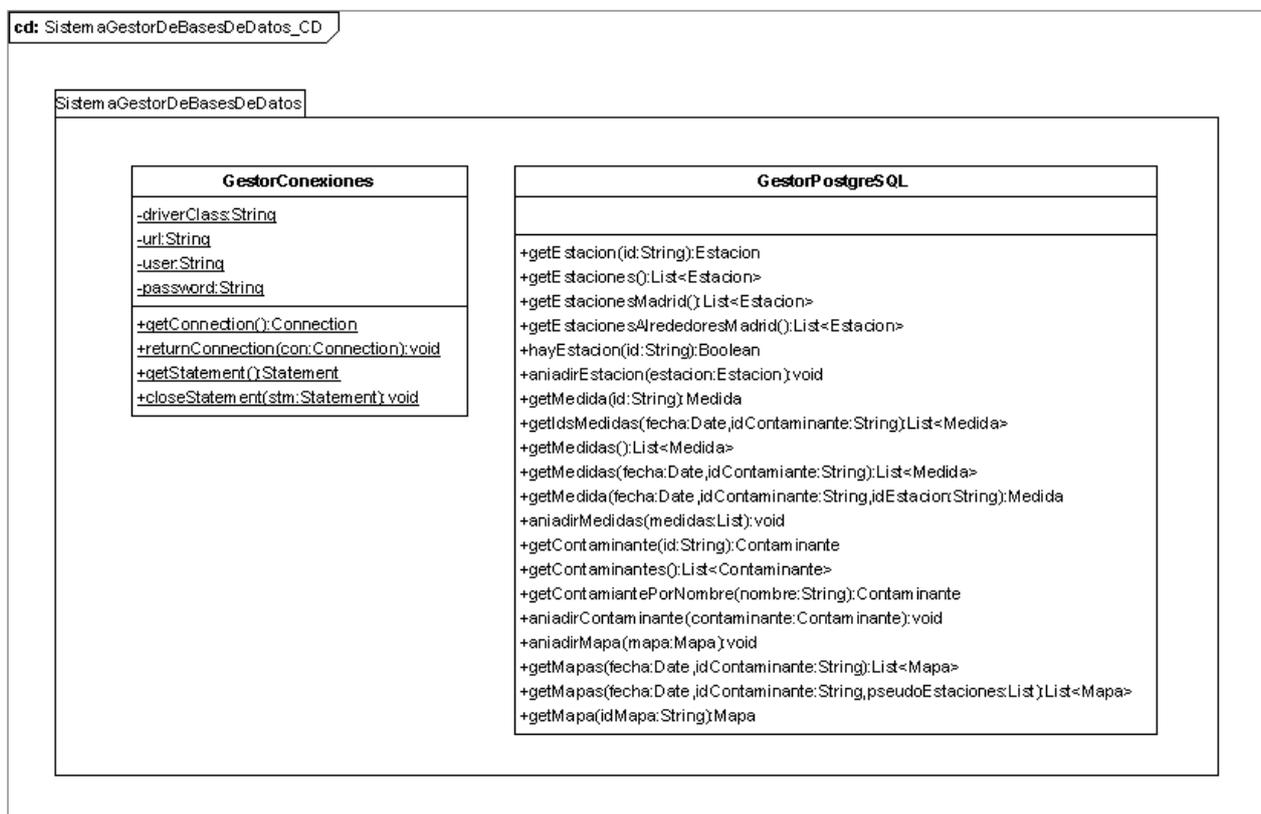


Ilustración 18. Diagrama de Clases del Sistema Gestor de Bases de Datos.

En el siguiente diagrama de clases se recoge la clase asociada al módulo ClienteMóvil. La descripción de la misma se expone a continuación:

- **VisorMapas:** entre sus responsabilidades se encuentran la visualización de mapas, la representación de la posición geográfica del dispositivo en el mapa y el almacenamiento de su localización a lo largo de una ruta cuando se requiera. Contiene atributos para la guardar el emplazamiento del mapa visualizado, una variable para conocer si se debe

mostrar el posicionamiento del dispositivo y una instancia del dispositivo Gps del que obtener la información. Las operaciones permiten cargar nuevos mapas, el desplazamiento y modificación del zoom de visualización de los mismos y la representación y almacenamiento de la localización del dispositivo. Aunque no se muestre por simplicidad, esta clase tiene una relación de dependencia hacia el subsistema Dispositivo GPS.

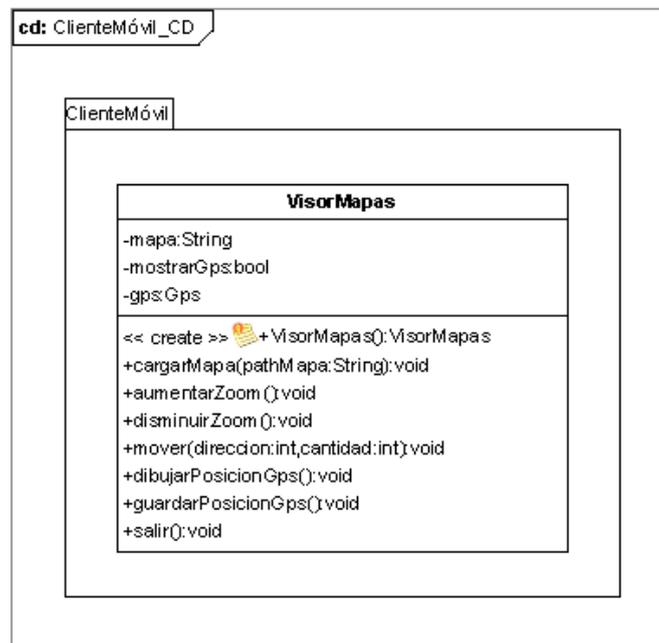


Ilustración 19. Diagrama de Clases de ClienteMóvil.

Finalmente, el módulo Recolector de Mediciones queda representado en el diagrama de clases siguiente. Este módulo es el responsable de la actualización de la información de las estaciones, contaminantes y mediciones de la RVCA de la Comunidad de Madrid. Para esta tarea debe considerar un servicio abstracto del que derivan todos los servicios de recolección de información del sistema. De esta forma podrán ampliarse sin modificaciones las fuentes de información. Los servicios de recolección serán los encargados de interpretar la respuesta a las peticiones y actualizar el Sistema Gestor de Bases de Datos en consecuencia.

Las clases que componen este módulo son:

- **Recolector:** se sirve de las clases *Peticion*, *Respuesta*, *GestorFuentes* y *EstacionHtmlParser* para recoger la configuración de fuentes disponibles mediante el *GestorFuentes*, elaborar las peticiones y llevar a cabo la recolección de datos. Encapsular la respuesta e invocar la interpretación a partir de la derivación correspondiente de la clase *EstacionHtmlParser* que actualice la información del sistema.
- **Peticion:** encapsula la información de la petición a un servicio web de la RVCA. Entre los atributos están el nombre de la clase parser que interpretará los resultados, la url del servicio, el método de petición HTTP, el nombre del parámetro o campo base sobre el

que se realizará la batería de peticiones de información, los correspondientes valores que tomará y los parámetros por defecto de la petición, entre otros. Las operaciones permiten el acceso y modificación de los atributos.

- **Respuesta:** asume la respuesta obtenida de la petición al servicio. Las operaciones acceden a su contenido.
- **GestorFuentes:** se responsabiliza de la carga del fichero de configuración de las fuentes existentes de servicios. Genera las peticiones a partir de las fuentes disponibles. Lleva a cabo el envío de las mismas y aglomera las respuestas. Los atributos corresponden a la ruta del fichero de configuración, al conjunto de peticiones y de respuestas.
- **EstaciónHtmlParser:** se compone de una clase abstracta con un único método abstracto para obtener una estación del tipo *Estacion*. A partir de la interfaz representada por la clase abstracta, la clase Recolector puede invocar la actualización de los conversores específicos de cada servicio, que deberán extenderla.
- **MadridEstacionHtmlParser:** es el conversor específico de la información de estaciones, contaminantes y medidas del servicio de RVCA del Ayuntamiento de Madrid. Interpreta la respuesta de las peticiones y actualiza el *Sistema Gestor de Base de Datos* con los datos. Las operaciones que tiene son las correspondientes al proceso de conversión de la respuesta, y la implementación concreta de la operación de la estación con las medidas.
- **ComunidadMedidasHtmlParser:** corresponde al conversor de las respuestas de las peticiones de las medidas de las estaciones de la RVCA de la Comunidad de Madrid. Interpreta la información obtenida y actualiza el *Sistema Gestor de Base de Datos* con las nuevas medidas. Las operaciones corresponden al proceso de conversión y a la implementación de la operación abstracta de *EstacionHtmlParser*.
- **ComunidadDatosEstacionHtmlParser:** finalmente el conversor específico de las respuestas del servicio de la RVCA de la Comunidad de Madrid a las peticiones sobre información de las estaciones. Recupera los datos de las estaciones de los alrededores de Madrid y actualiza el *Sistema Gestor de Bases de Datos* cuando corresponde. Las operaciones son las propias del proceso de conversión y la implementación concreta de la operación abstracta de *EstacionHtmlParser*.

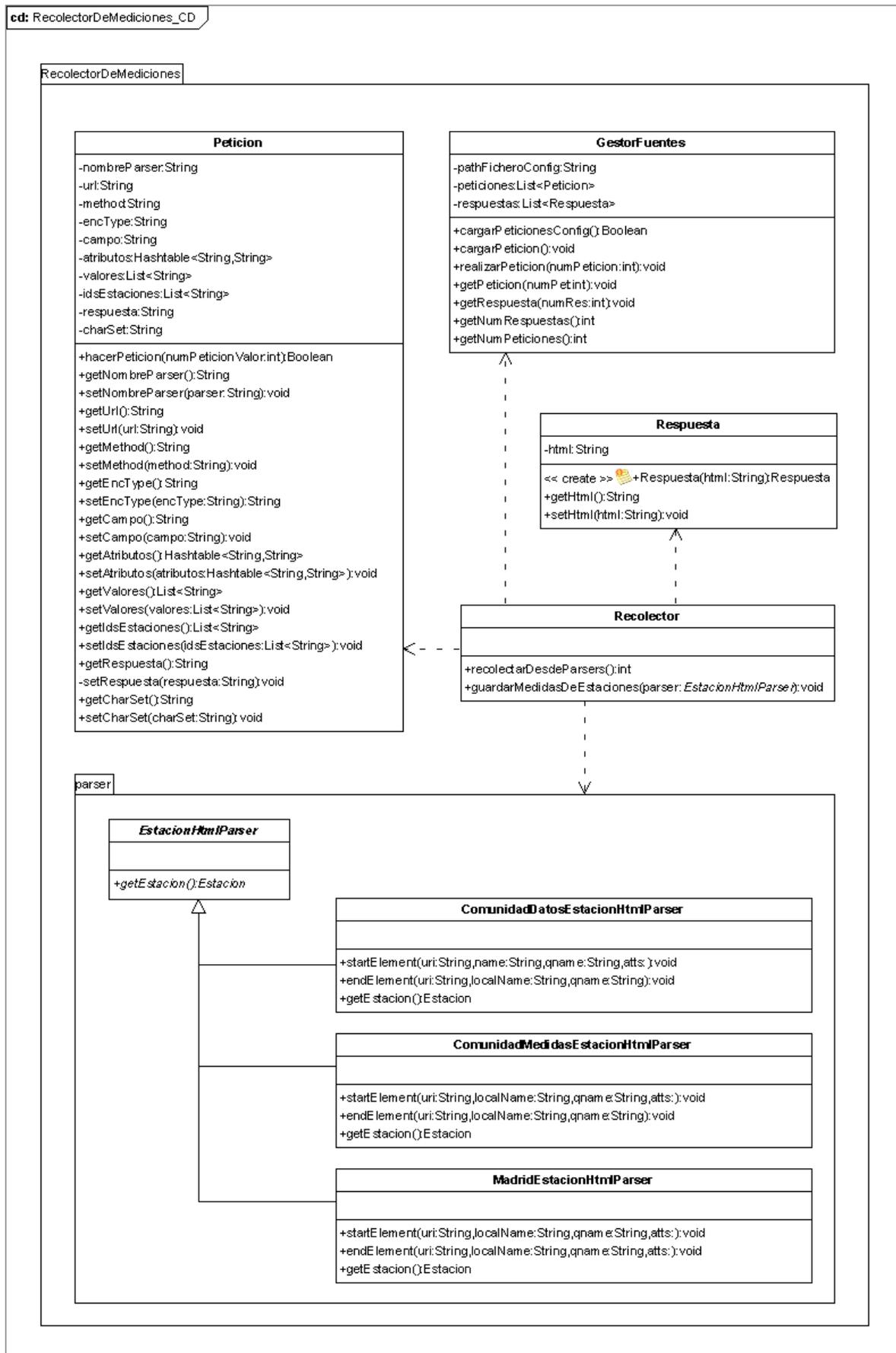


Ilustración 20. Diagrama de Clases del Recolector de Mediciones.

4.5 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE REQUISITOS

Se procede a comprobar la trazabilidad de los requisitos software definidos en el apartado 4.3 *Especificación de los Requisitos Software* del capítulo *Análisis del Sistema* respecto a los requisitos de usuario recogidos en el apartado 3.3 *Definición de Requisitos del Sistema* del capítulo del *Estudio de Viabilidad del Sistema*.

El objetivo de este análisis es corregir posibles incongruencias e incoherencias y asegurar la completitud de procesos posteriores del desarrollo del software del sistema solución.

REQUISITOS SOFTWARE	REQUISITOS DE USUARIO															
	UR-C001	UR-C002	UR-C003	UR-C004	UR-C005	UR-C006	UR-C007	UR-C008	UR-C009	UR-C010	UR-C011	UR-C012	UR-C013	UR-C014	UR-C015	UR-C016
SR-F001																
SR-F002	X	X		X	X				X	X					X	
SR-F003	X			X			X	X	X							
SR-F004																
SR-F005															X	
SR-F006			X	X					X							
SR-F007				X												
SR-F008			X	X					X							
SR-F009	X			X												
SR-F010					X											
SR-F011				X												
SR-F012	X			X		X	X	X								
SR-F013				X	X											
SR-F014				X	X											
SR-F015				X	X											
SR-F016				X	X											
SR-F017				X			X	X								
SR-F018	X	X											X			
SR-F019								X								
SR-F020									X							
SR-F021								X								
SR-F022								X		X						
SR-F023								X		X	X					
SR-F024																
SR-F025													X			
SR-F026										X		X				
SR-F027			X												X	
SR-F028														X		
SR-F029				X											X	
SR-F030								X							X	
SR-F031															X	X
SR-F032																X
SR-F033															X	
SR-F034															X	
SR-F035	X	X														
SR-F036	X	X				X										
SR-F037	X	X											X			
SR-F038	X	X		X		X					X					
SR-R001																
SR-R002																
SR-R003																
SR-R004																
SR-R005																
SR-R006																
SR-R007																
SR-I001	X	X											X			
SR-I002																
SR-I003			X	X		X			X					X		
SR-I004			X	X		X			X					X		
SR-I005																
SR-I006																
SR-I007																
SR-I008				X	X				X	X						
SR-I009				X	X				X	X						
SR-I010				X	X				X	X						
SR-I011																X
SR-I012	X	X														
SR-I013					X					X						
SR-I014							X	X				X				
SR-I015									X							X

Tabla 110. Trazabilidad de Req. de Usuario con Req. Software (1/2)

REQUISITOS SOFTWARE	REQUISITOS DE USUARIO														
	UR-C017	UR-C018	UR-C019	UR-C020	UR-C021	UR-C022	UR-C023	UR-C024	UR-R001	UR-R002	UR-R003	UR-R004	UR-R005	UR-R006	UR-R007
SR-F001							X								
SR-F002							X								
SR-F003							X								
SR-F004							X								
SR-F005											X				
SR-F006															
SR-F007															
SR-F008	X														
SR-F009		X													
SR-F010															
SR-F011															
SR-F012															
SR-F013															
SR-F014															
SR-F015															
SR-F016						X									
SR-F017															
SR-F018															
SR-F019															
SR-F020															
SR-F021															
SR-F022				X	X			X							
SR-F023	X	X													
SR-F024			X												
SR-F025															
SR-F026				X	X			X							
SR-F027	X	X													
SR-F028															
SR-F029	X	X													
SR-F030	X	X													
SR-F031															
SR-F032															
SR-F033	X														
SR-F034		X													
SR-F035				X										X	
SR-F036															
SR-F037															
SR-F038				X	X			X							
SR-R001									X						
SR-R002										X					
SR-R003											X	X			
SR-R004											X				X
SR-R005													X		
SR-R006														X	
SR-R007														X	
SR-I001			X											X	
SR-I002							X		X	X		X			
SR-I003	X	X													
SR-I004	X	X								X					
SR-I005				X	X			X							
SR-I006				X	X			X							
SR-I007				X	X			X							
SR-I008															
SR-I009															
SR-I010															
SR-I011															
SR-I012				X	X			X						X	
SR-I013															X
SR-I014						X									
SR-I015															

Tabla 111. Trazabilidad de Req. de Usuario con Req. Software (2/2)

CAPÍTULO 5. DISEÑO ARQUITECTÓNICO

5.1 DEFINICIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

5.1.1 Diseño de la Arquitectura del Sistema

La arquitectura de diseño elegida para el sistema es la **arquitectura cliente/servidor**. Las características de los requisitos del proyecto se ajustan perfectamente a este modelo, distinguiéndose de forma clara los roles de cliente y servidor, que se ejecutan en paralelo en el tiempo y llevan a cabo la comunicación mediante una petición y una respuesta asociada a la misma.

Por lo tanto, existirá una descomposición física en la que se diferencian los nodos cliente, correspondiente a la localización del terminal desde el que accede el usuario, y el nodo servidor, situado en el equipo servidor del sistema. El nodo cliente podrá ser un navegador web de un dispositivo con acceso al servidor del sistema a través de comunicaciones por internet mediante el paradigma de petición/respuesta, o en otro caso, el nodo cliente será un dispositivo móvil con acceso a la funcionalidad por razón de un módulo del sistema.

Por lo tanto, se diferencian tres nodos de particionamiento físico principales: el **nodo servidor**, el **nodo cliente web** y el **nodo cliente móvil**.

Dentro de la parte servidora de la arquitectura se puede realizar una descomposición lógica en la que se distinguen tres niveles adaptados a las características del sistema:

- **Vista:** aglomera toda la funcionalidad de presentación de la información, tanto visual como de cualquier otro tipo, a los clientes del sistema. En este nivel están los servlets que ofrecen la interfaz web a los usuarios, el código JavaScript [12] y los recursos estáticos como páginas html o imágenes. Se sirve de los sistemas externos *Google Maps* [10] y *Google Chart Tools* [24] para ofrecer la funcionalidad. Se corresponde con el subsistema *Servidor de Mapas*.
- **Modelo:** es el nivel representativo de los objetos de modelo de negocio, pero, en esta adaptación, también incluye el control de los procesos de negocio. Están presentes los componentes y clases derivadas del modelo conceptual de datos del análisis. Ofrece una interfaz al nivel de Vista para la invocación de los flujos de aplicación y mantiene una dependencia respecto a las interfaces del nivel de Infraestructura. Dentro de este nivel se definen los subsistemas *Recolector de Mediciones* y el *Modelo de Negocio*.
- **Infraestructura.** Recoge los componentes que abstraen los mecanismos de comunicación hacia otros dispositivos o sistemas externos. Para este caso, con la base de datos y los sistemas relacionados con la elaboración y procesamiento de mapas, como la *Librería CGAL* [18], *GeomView* [22] y *GIMP* [23]. Los subsistemas del *Generador de Mapas* y el *Sistema Gestor de Bases de Datos* se corresponden con este nivel.

El siguiente diagrama de componentes describe gráficamente la descomposición lógica en tres niveles del servidor y las relaciones existentes con el resto de componentes del sistema.

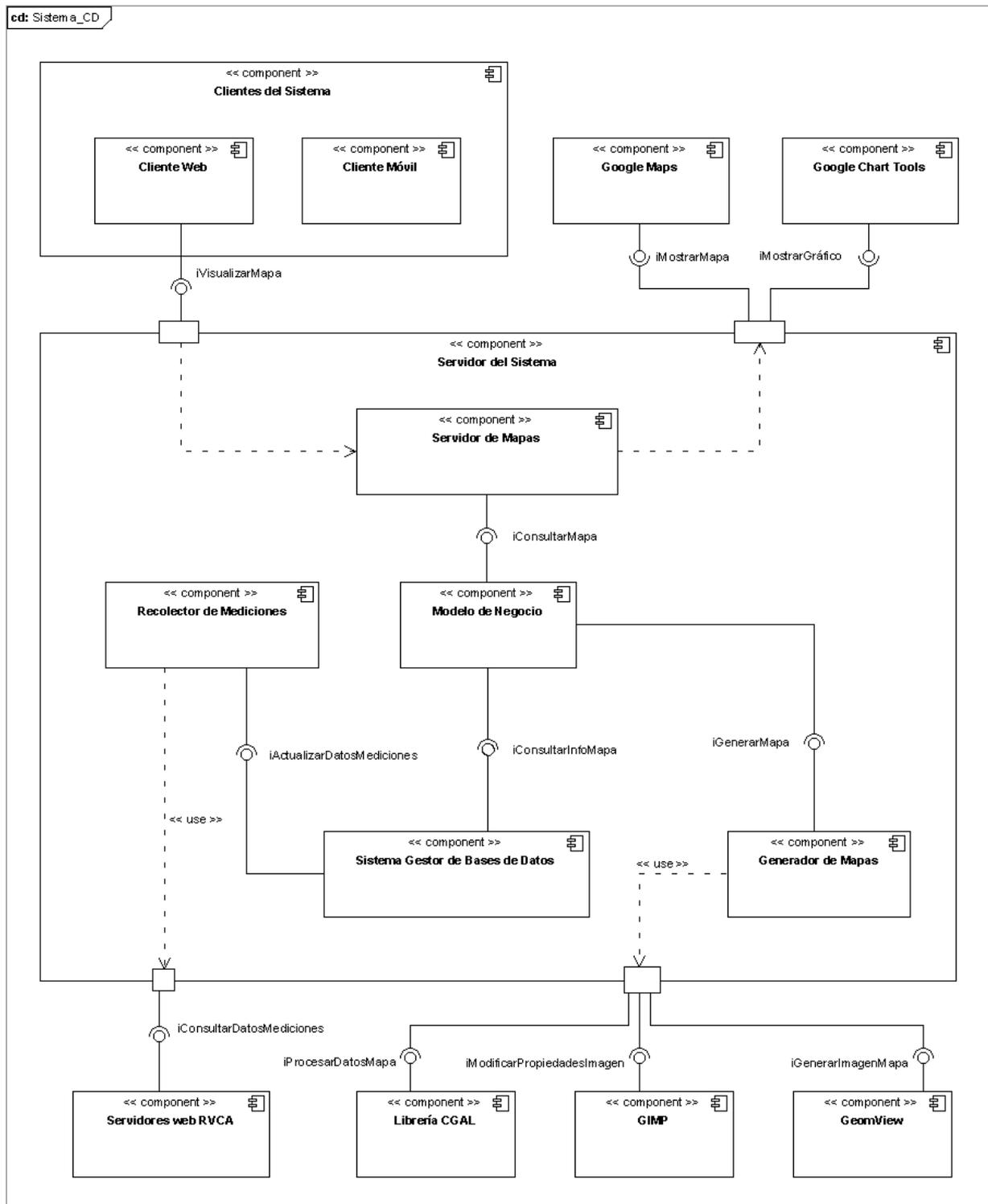


Ilustración 21. Diagrama de Componentes del Sistema.

No obstante, tal y como se identificó en el análisis del sistema, el sistema completo se especifica de forma lógica más detalladamente en los siguientes subsistemas de diseño:

- El **Ciente Web**. Los usuarios podrán acceder al sistema gracias a este subsistema de soporte mediante comunicaciones petición/respuesta HTTP por internet al Servidor de Mapas. Este subsistema presentará la información del sistema y se compondrá básicamente del navegador web, que deberá ser compatible con Javascript para soportar, entre otros, la comunicación asíncrona entre cliente y servidor. Serán preferentes los navegadores de tipo Mozilla Firefox [28] y Google Chrome [29] por ser los disponibles en el entorno de desarrollo del proyecto. Además, se trata de evitar problemas de comportamiento o visualización por parte de otros navegadores como Microsoft Internet Explorer.

La ubicación de este subsistema es la del nodo cliente web, y se corresponde con la localización del terminal desde donde accede el usuario a través de internet.

- El **Ciente Móvil**. Es el pequeño subsistema específico con soporte para la plataforma Windows Mobile 5.0 [19] para terminales móviles compatibles y que dispongan de un dispositivo GPS. Servirá funciones de visor y localizador de posición en los mapas del sistema desde un dispositivo móvil sin necesidad de acceso a internet.

Se ubicará en el nodo cliente móvil y no requerirá de la comunicación directa con otras interfaces del sistema, sino que se usará los mapas obtenidos desde el Servidor de Mapas y almacenados en el dispositivo para llevar a cabo su funcionalidad. El método empleado para poner a disponibilidad del subsistema Cliente Móvil los mapas del sistema no entra dentro del alcance de este proyecto.

- El **Servidor de Mapas**. Se corresponde con el subsistema específico que facilita el acceso y la presentación de la información desde el cliente web. Ofrecerá la funcionalidad del sistema hacia el usuario visitante mediante una interfaz web HTTP de petición/respuesta a través de internet del tipo síncrona/asíncrona a la interacción del usuario. Para ello, atenderá las peticiones e interpretará la información asociada para invocar los procesos de recuperación o generación de mapas correspondientes en el subsistema de Modelo de Negocio.

Se compondrá de un contenedor de servlets Java del tipo Apache Tomcat 6.0 [5]. El servidor hará uso de la interfaz JavaScript [12] de Google Maps [10] para la visualización y localización de mapas. Además, también se relacionará con la interfaz Google Chart Tools [24] mediante peticiones web HTTP específicas del sistema de soporte para la elaboración de gráficos de las exposiciones a los contaminantes.

Este componente se localizará en el nodo servidor dadas sus necesidades de comunicación con los subsistemas de Sistema Gestor de Bases de Datos y Modelo de Negocio, y para ofrecer la interfaz web al usuario.

- El **Modelo de Negocio**. El subsistema específico que representa las reglas y los objetos de negocio es el Modelo de Negocio. Satisface las peticiones desde la interfaz del Servidor de Mapas. Para ello se valdrá de la interfaz con el subsistema de soporte del Sistema Gestor de Bases de Datos para recoger los datos de las medidas de las estaciones, invocará su procesamiento mediante el subsistema Generador de Mapas

para elaborar los mapas necesarios y los almacenará junto con la información asociada para poder recuperarlos cuando se requiera.

El subsistema deberá situarse en el nodo servidor para satisfacer las estrechas comunicaciones con el Servidor de Mapas y el Sistema Gestor de Bases de Datos.

- El **Recolector de Mediciones**. Es el subsistema específico de información encargado del proceso de ingestión de datos del sistema. Esta información se relaciona a las estaciones disponibles y a la medición de los agentes contaminantes presentes en la atmósfera, y será la base para los procesos propios del sistema y para la obtención del resto de información derivada de ella.

Para conseguir esto, el subsistema periódicamente realizará peticiones web mediante internet a los servidores de los servicios disponibles públicamente de la Comunidad de Madrid sobre el estado del aire y procesará la respuesta. Los datos obtenidos se guardarán en el sistema mediante la interfaz con el subsistema Sistema Gestor de Bases de Datos.

La comunicación con el Sistema Gestor de Bases de Datos será constante en el tiempo, y la carga de las operaciones de consulta y actualización puede ser costosa según el número de servicios de estaciones disponibles. Por este motivo, y para evitar riesgos en los medios de comunicación, el subsistema Recolector de Mediciones deberá estar situado en el nodo servidor junto con los subsistemas del servidor del sistema.

- El **Generador de Mapas**. Este subsistema específico es el responsable de la elaboración de las imágenes de los mapas del sistema. Responde a peticiones adecuadas de mapas desde la interfaz con el Modelo de Negocio, y lleva a cabo el procesamiento matemático de la información del sistema y su representación visual a través de imágenes. Para ello utiliza las interfaces con los subsistemas de soporte de la librería CGAL [18], GeomView[22] y GIMP [23], este último para la adecuación de las imágenes de los mapas a las necesidades del sistema.

La interfaz C++ utilizada con la librería CGAL [18] se invocará con llamadas del sistema con la sintaxis apropiada a través del sistema operativo, al igual que en los casos de GeomView [22] y GIMP [23].

Dada la naturaleza de este subsistema, con necesidades de comunicación con el Modelo de Negocio y los subsistemas de soporte mencionados, lo más apropiado será ubicarlo en el nodo servidor.

- El **Sistema Gestor de Bases de Datos**. Es el subsistema de soporte hacia la base de datos en el que se delegará la persistencia de los datos del sistema. Este subsistema dispondrá una interfaz de operación hacia el subsistema Recolector de Mediciones para la consulta y actualización de la información contenida sobre las estaciones y sus mediciones, y para el subsistema Modelo de Negocio para la recuperación de los datos de estaciones, mediciones y mapas y para el almacenamiento de nuevos mapas generados.

Se compondrá de una base de datos relacional del tipo PostgreSQL [6] en su versión 8.4. Para facilitar los requisitos de comunicación con otros componentes del sistema utilizará el controlador JDBC [7] versión 3 y se situará en el nodo servidor.

5.2 ESPECIFICACIÓN DEL ENTORNO TECNOLÓGICO

En este apartado se procede a estimar los recursos hardware y software necesarios para el sistema. El objetivo es enmarcar el contexto de la infraestructura técnica que da soporte al sistema dentro de unos rangos mínimos para la ejecución del mismo según sus características.

Para ello, el contenido que se detalle se subdividirá en apartados según los nodos de descomposición física. Posteriormente, se identificarán los aspectos necesarios relevantes al hardware, software, comunicaciones, almacenamiento o procesamiento cuando sea el caso.

5.2.1 Cliente web

Es el componente correspondiente al terminal desde el que se accede al sistema mediante internet. Se recomienda que infraestructura disponible cumpla unos requisitos mínimos.

5.2.1.1 Hardware

- Procesador Pentium III, 800 MHz.
- 256 MB de RAM.
- 1 GB de espacio libre en disco duro.
- Tarjeta de red Ethernet 10/100 Mbps o módem conectado a una red de comunicaciones.
- Tarjeta de video y monitor SVGA.
- Ratón compatible.

5.2.1.2 Software

- Navegador web Mozilla Firefox [28] 2.0 o Google Chrome [29] 4.0.

5.2.1 Cliente Móvil

Se trata del componente con funciones de visor de mapas destinado a dispositivos móvil con dispositivos GPS. Este subsistema debe tener una infraestructura mínima.

5.2.1.1 Hardware

- Procesador Qualcomm® MSM7201A™ a 500 MHz.
- 128 MB de RAM.
- 5 MB de espacio libre en disco duro.

- Pantalla táctil de 2 pulgadas con resolución VGA.
- Dispositivo GPS/A-GPS compatible.
- Conectividad BlueTooth o USB.
- Batería de 900 mAh.

5.2.1.2 Software

- Windows Mobile [19] 5.0.
- .NET Compact Framework 3.5 Redistributable.

5.2.1.2 Comunicaciones

- Protocolo NMEA de comunicación GPS.

5.2.1 Servidor

Es el nodo que ofrece la funcionalidad principal de visualización de mapas del sistema mediante la interfaz web al cliente y apoyándose en otros sistemas externos. Dados los requisitos de procesamiento para llevar a cabo complejos cálculos matemáticos y la elaboración de imágenes, la infraestructura mínima del nodo será más restrictiva en este aspecto.

Los requisitos mínimos aquí descritos están asociados únicamente al sistema solución. Si hubiera otros requisitos para alguno de los sistemas mencionados deberá considerarse aparte.

5.2.1.1 Hardware

- Procesador Intel Core 2 Conroe 6420 a 3 GHz.
- 2 GB de RAM.
- 200 GB de espacio libre en disco duro.
- Tarjeta de video Nvidia GeForce 8600 GT.
- Tarjeta Ethernet 1000 Mbps conectada a una red de comunicaciones.
- Monitor SVGA.
- Teclado.
- Ratón compatible.

5.2.1.2 Software

- Sistema Operativo Ubuntu 10.04 LTS Server Edition [3].
- Java Enterprise Edition (JEE) [8] versión 5.
- Librería CGAL [18] versión 3.3.

- Procesador gráfico 3D GeomView [22] versión 1.9.
- Editor de imágenes GIMP [23] versión 2.6.
- Contenedor de servlets Apache Tomcat [5] 6.0.
- Controlador JDBC [7] versión 3.
- Gestor de Bases de Datos PostgreSQL [6] versión 8.4.
- PgAdmin versión 1.10 PostgreSQL Tools.

5.3 DISEÑO DE CASOS DE USO REALES

En la especificación del comportamiento del sistema de información es necesario identificar las interacciones entre los subsistemas de diseño definidos. Para ello, los escenarios elaborados en el análisis en los que se desarrollan los casos de uso del sistema se completan con las clases de diseño participantes y con detalles sobre las restricciones del entorno tecnológico. Esto servirá para determinar las operaciones y las interfaces de los distintos subsistemas de diseño.

La técnica principal utilizada serán los diagramas de secuencia. En ellos se reflejarán las interacciones entre los objetos más importantes involucrados en los casos de uso del sistema. Para facilitar su comprensión y claridad se mostrarán las relaciones y objetos de manera simplificada, de forma que podrán no corresponderse exactamente a los necesarios para llevar a cabo la actividad.

No obstante, se decide elaborar diagramas de secuencia únicamente de aquellos casos de uso en los que la complejidad de su comportamiento así lo requiera para su mejor comprensión y especificación. Estos casos de uso son:

- UC-002 MostrarMapaContaminación.
- UC-003 ElaborarCapaContaminación.
- UC-004 MostrarMapaRuta.
- UC-005 ElaborarMapaRuta.
- UC-010 DescargarMapaRuta.
- UC-017 RecolectarDatosEstaciones.

5.3.1 Especificación de Casos de Uso Reales

En el diagrama de secuencia **SD-001 MostrarMapaContaminación** se especifica el comportamiento del caso de uso *UC-002 MostrarMapaContaminación*.

La interacción comienza con el mensaje enviado por el actor *Usuario Visitante* al servlet **MapaContaminaciónServlet** del subsistema Servidor de Mapas para la activación del caso de uso. Este mensaje representa una petición que contiene información sobre la fecha y el contaminante del mapa a visualizar, y si se deben considerar las pseudoestaciones. La instancia del servlet comprueba la configuración de las pseudoestaciones definidas si fuera necesario mediante la interfaz con la clase **GestorFuncional** del subsistema Modelo de Negocio. Para ello, se emplea un conversor e intérprete del fichero de configuración correspondiente representado mediante el tipo **PseudoEstacionesConfig**.

Con dicha información se recuperan los mapas existentes para la fecha y el identificador del contaminante directamente mediante una instancia de la clase **PostgreSQLManager** del subsistema Sistema Gestor de Bases de Datos de la capa de infraestructura. Si se exigieran las pseudoestaciones, se seleccionarían los mapas que fueron elaborados a partir de exactamente las pseudoestaciones definidas en el fichero de configuración. En caso contrario se desecharía los que tuvieran presencia de ellas.

Una vez obtenidos los mapas adecuados, se plantea el siguiente bloque alternativo en el que se comprueba **si se ha recuperado algún mapa**. En tal caso, se debe elegir entre uno de los disponibles. El criterio de selección será en primer lugar la resolución de la malla de muestreo de la interpolación.

A partir del mapa elegido, se obtendrá la información de las estaciones utilizadas para su elaboración, y se cargarán los datos de las mediciones de las mismas que se emplearon a partir de la instancia del tipo **PostgreSQLManager**. Además, se recuperará el resto de la información del mapa referente a la capa de contaminación. Todo ello se usará en la muestra final del mapa de contaminación, aunque no se represente por simplicidad, mediante la interfaz con el sistema externo *Google Maps* al actor *Usuario Visitante*.

En el caso de que **no haya mapas disponibles**, se consulta la posibilidad de la generación de la capa de contaminación del mapa requerido a través del **GestorFuncional**. La necesidad principal que se debe satisfacer es la existencia de medidas suficientes de las estaciones para la fecha y los contaminantes determinados para la elaboración de la capa de contaminación.

Si hay medidas suficientes, se informa al actor *Usuario Visitante* de que el proceso de elaboración del mapa de contaminación se va a llevar a cabo. La generación del mapa se invoca con la clase **GestorFuncional**. El objeto de este tipo se encargará de obtener las estaciones existentes y de recoger las mediciones disponibles para cada una de ellas según la fecha y el contaminante requerido. Si fuese necesario según el tipo de petición, también se considerarían las pseudoestaciones definidas en el fichero de configuración, aunque, por simplicidad, no se muestra esta comprobación en el diagrama de secuencia.

La clase **GeneradorMapas** del subsistema Generador de Mapas abstrae los procesos de elaboración de mapas y de comunicación con los sistemas externos de soporte. Esta clase se utiliza para la obtención de la imagen de la capa de contaminación a partir de la información recogida de la base de datos. Esta parte funcional corresponde a la extensión del caso de uso *UC-003 ElaborarCapaContaminación*, y será especificada en el diagrama de secuencia *SD-002 ElaborarCapaContaminación*.

Una vez obtenida la imagen de la capa de contaminación, se vuelve a recurrir a la clase *GeneradorMapas* para servir de interfaz hacia otros sistemas de soporte para la adecuación de la imagen obtenida a las especificaciones de los mapas. En este caso se requiere transparentar la imagen para facilitar su superposición a los mapas callejeros o de otro tipo en su visualización. Para ello, aunque se omite por claridad, se sirve del sistema externo **GIMP**. Finalmente, el flujo termina al valerse de la instancia de *PostgreSQLManager* para almacenar en la base de datos la imagen resultante de la transformación de la capa de contaminación.

Si no hay medidas suficientes, el servlet informa al actor *Usuario Visitante* de la imposibilidad de mostrar ni elaborar el mapa de contaminación.

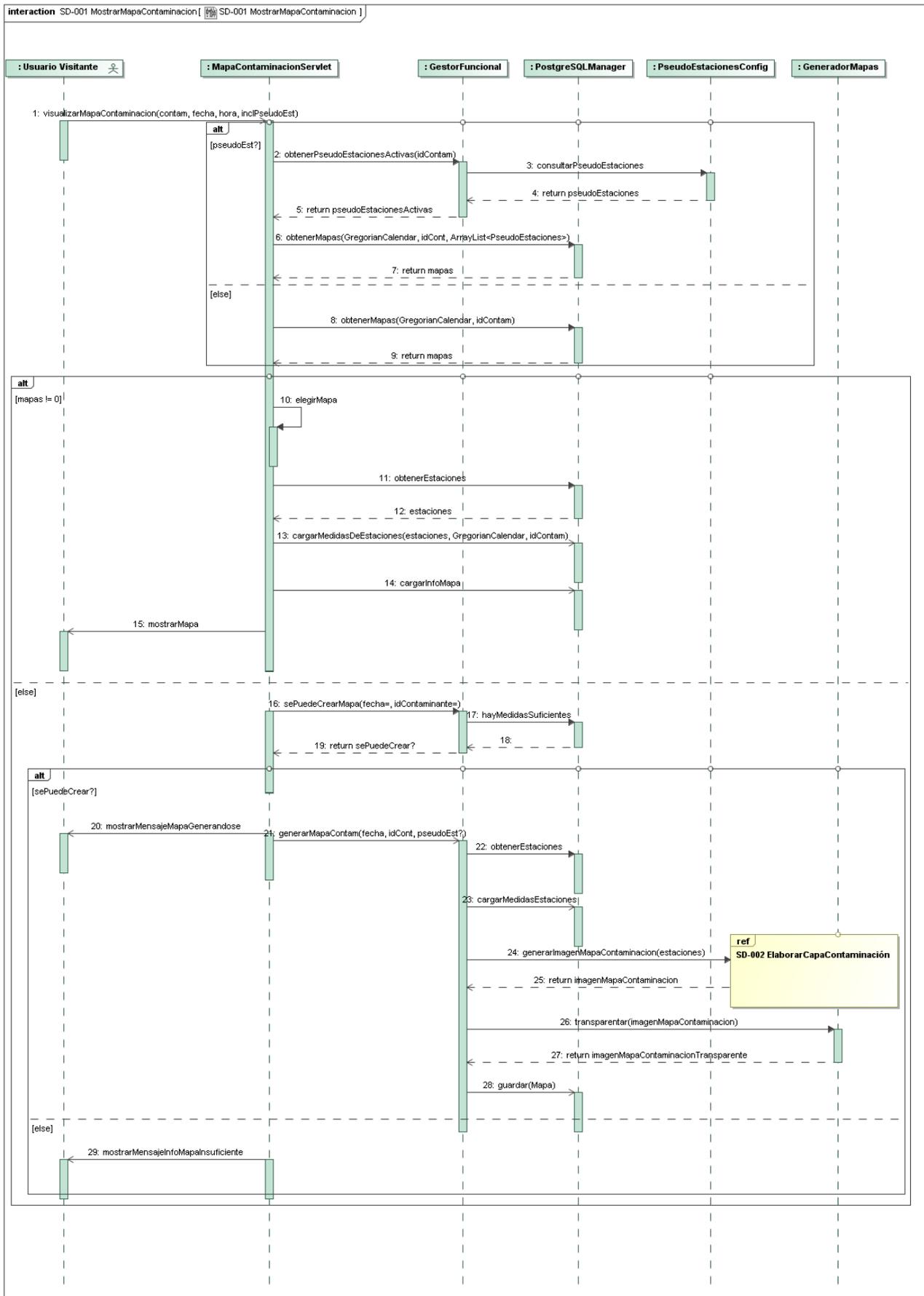


Ilustración 22. Diagrama de Secuencia SD-001 MostrarMapaContaminación.

El siguiente diagrama de secuencia es el **SD-002 ElaborarCapaContaminación** correspondiente al caso de uso **UC-003 ElaborarCapaContaminación**.

El diagrama comienza con la activación de un objeto de tipo **GeneradorMapas** mediante un mensaje de origen en principio desconocido, pero que será ciertamente una instancia de la clase **GestorFuncional** ante una petición de visualización de mapa de contaminación tal como se muestra en el diagrama **SD-001 MostrarMapaContaminación**.

Junto con el mensaje de activación se incluirá la información necesaria sobre las estaciones y las mediciones hechas por éstas. A partir de estos datos se invocará el módulo externo **Generador_Mapas_Contaminación** mediante el sistema operativo, que servirá de interfaz hacia los sistemas externos **Librería CGAL** y **GeomView**. Este módulo también hace de puente entre el entorno tecnológico de Java en el que se implementará el sistema solución, y el entorno C++ de los sistemas externos, y gestionará los procesos matemáticos y de elaboración de la imagen representativa de la capa de contaminación de la información recibida.

El módulo **Generador_Mapas_Contaminación** se implementará también en el lenguaje C++ y utilizará tipos específicos de la **Librería CGAL** para conseguir su cometido cuyas características no se detallarán, pero que se podrán consultar en la documentación oficial del sistema CGAL [18].

En primer lugar, definirá un **punto por cada estación disponible**, y se le asignará un peso asociado que vendrá dado por el valor de la medición de dicha estación sobre el contaminante. Entonces, se elaborará una **mallla homogénea de muestreo** de puntos sobre la que realizar las estimaciones para conseguir un número de valores uniforme sobre la superficie del mapa. Esta mallla se caracterizará por una resolución, y de ésta dependerá principalmente el grado de la carga computacional del proceso.

Posteriormente, se llevará a cabo el **algoritmo de interpolación** para cada uno de los puntos de la mallla elaborada, y se obtendrá el valor estimado del contaminante en esa localización según las muestras de mediciones disponibles de las estaciones. Las características del algoritmo de interpolación utilizado se describen en el apartado **5.3.2 Algoritmo de Interpolación de la Librería CGAL**.

Una vez obtenidos los valores interpolados de los puntos de la mallla, se procede a su representación gráfica a través del sistema externo **GeomView**. Para ello, en primer lugar se configura el entorno de visualización de **GeomView** según las características de cámara, localización y perspectiva a través de una instancia del tipo **GeomView** de la **Librería CGAL**. Luego, se genera un triángulo para cada tres puntos adyacentes de la mallla y se asigna un color y una saturación según la media de los valores de los contaminantes de los puntos que componen el triángulo.

Finalmente, se obtiene la imagen resultante de la visualización de los triángulos y se devuelve a la instancia de **GeneradorMapas** del sistema.

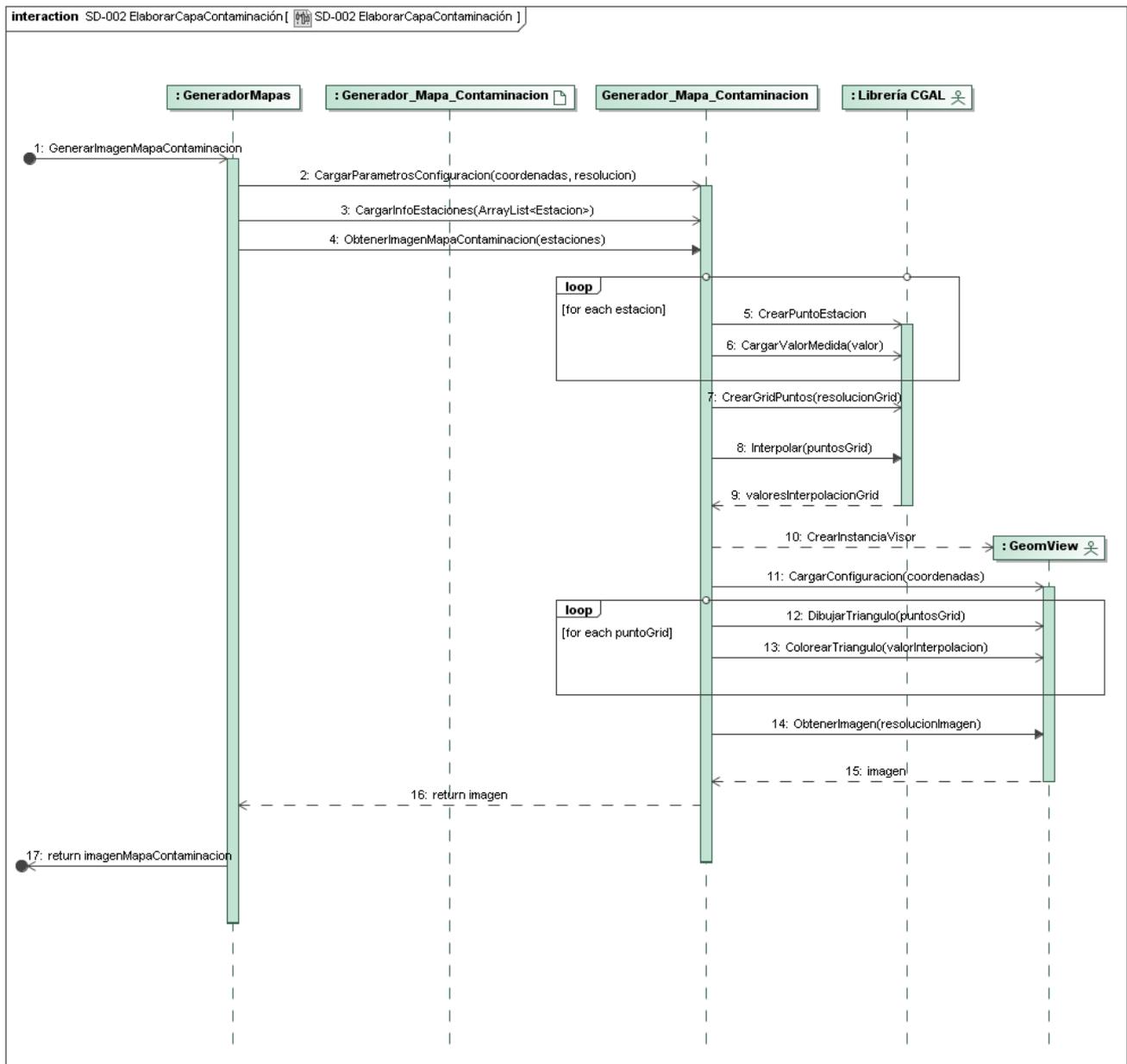


Ilustración 23. Diagrama de Secuencia SD-002 ElaborarCapaContaminación.

El diagrama de secuencia **SD-003 MostrarMapaRuta** mostrado a continuación se asocia al caso de uso **UC-004 MostrarMapaRuta** y **UC-005 ElaborarMapaRuta**.

El diagrama comienza con el mensaje del actor *Usuario Visitante* con su intención de visualización del mapa de ruta asociado a un fichero de ruta y la información de la contaminación para una fecha y contaminante determinados. En ese mensaje se informa de si se debe incluir las pseudoestaciones dentro de los cálculos de contaminantes. La instancia que recoge el mensaje es de tipo **MapaRutaServlet**, y procede a la extracción de las coordenadas de los puntos de la ruta del fichero de ruta para poder calcular la concentración de los contaminantes en los mismos.

La clase **GestorFuncional** permite interpolar el conjunto de puntos. Para hacerlo, recolecta las mediciones de las estaciones de los contaminantes desde una instancia de **PostgreSQLManager** y

envía la información junto con los puntos de la ruta mediante un mensaje *interpolar* a un objeto de tipo **GeneradorMapas**.

La clase *GeneradorMapas* permite la comunicación con otros sistemas externos, y para ello invoca el artefacto **Interpolador** que gestionará el proceso de interpolado de las concentraciones de los contaminantes en los puntos mediante clases específicas de la **Librería CGAL**, cuya presencia se omite por simplicidad. El proceso de interpolado se lleva a cabo para cada punto según las medidas de los contaminantes del horario y fecha elegidos con el objetivo de mostrar el mapa de ruta, para el resto de horarios para elaborar el gráfico de evolución del día y para la semana natural de la fecha en el horario elegido para el gráfico de evolución de la semana. El algoritmo de interpolado utilizado se describe en el apartado 5.3.2 *Algoritmo de Interpolación de la Librería CGAL*. Al final, los valores de las concentraciones son devueltos.

El servlet de *MapaRutaServlet* con los valores interpolados de los contaminantes puede considerar la peligrosidad para la salud de los puntos de la ruta, y obtener además información relacionada a la naturaleza de la misma, como la distancia total o los tramos existentes. El peligro asignado a cada tramo viene dado por la máxima valoración de los peligros de los contaminantes en el tramo, y se identifica por un color asociado. El proceso de valoración del riesgo para la salud de los usuarios se explica más detalladamente en el apartado 5.3.3 *Valoración del Riesgo para la Salud*.

A partir de la información recogida, el servlet genera las peticiones de los gráficos de la concentración en la ruta, de la evolución de dicha ruta en los diferentes horarios del día, o en el mismo horario durante la semana. Estas peticiones serán enviadas al servicio correspondiente encarnado en el actor **Google Chart Tools** para obtener los gráficos a mostrar al usuario.

Finalmente, se muestra la información derivada de la ruta y, a través de la interfaz con **Google Maps**, el mapa de ruta con los diferentes tramos y respectivas peligrosidades según el contaminante. Dadas las características del sistema externo *Google Maps*, el diseño del comportamiento asociado al caso de uso *UC-005 ElaborarCapaRuta* se ve sustancialmente simplificado a la comunicación con la interfaz de *Google Maps* para obtener la visualización del mapa de ruta.

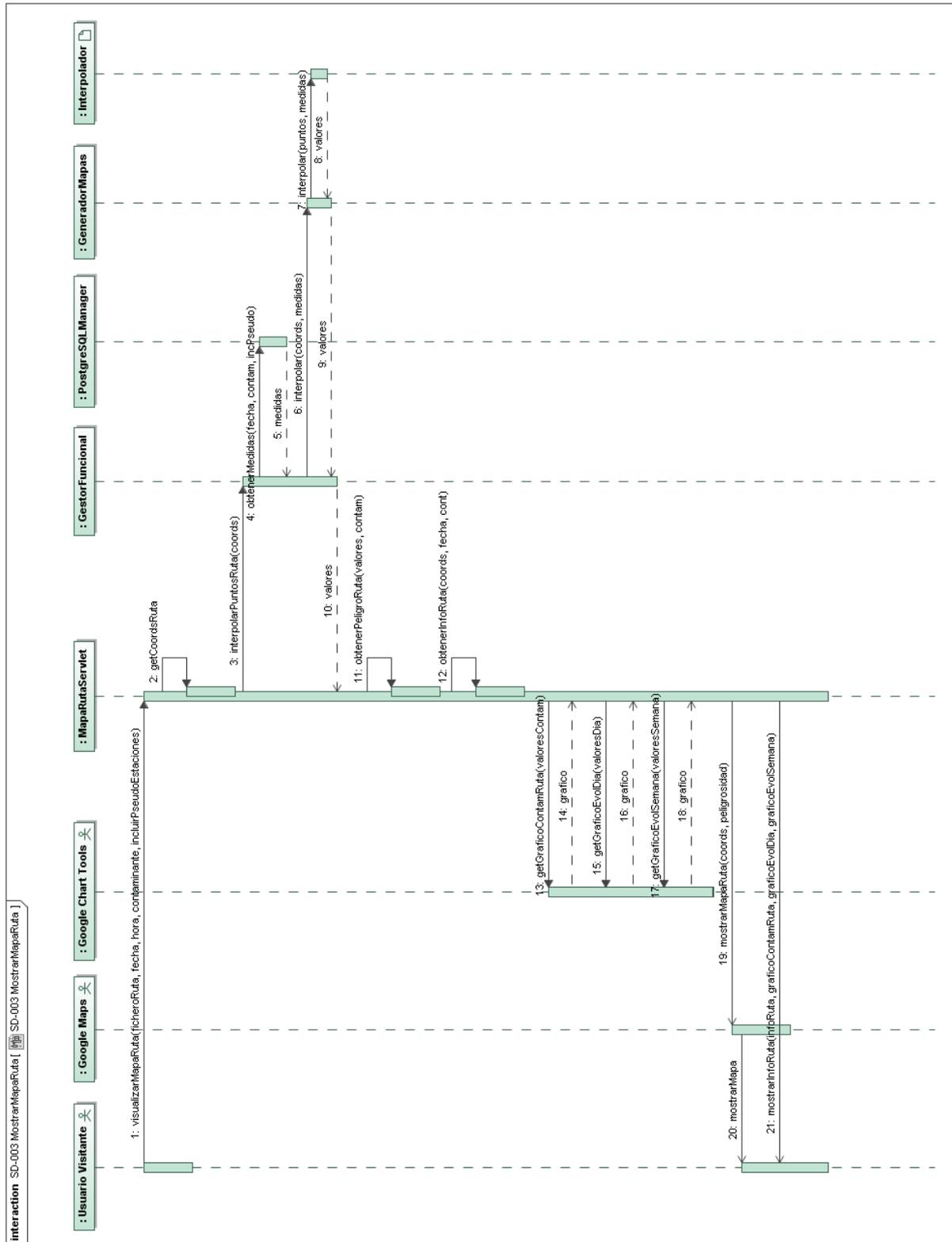


Ilustración 24. Diagrama de Secuencia SD-003 Mostrar Mapa Ruta.

El diagrama de secuencia **SD-004 Descargar Mapa Ruta** siguiente corresponde al caso de uso **UC-010 Descargar Mapa Ruta**. El motivo de incluir un diagrama de secuencia para este caso de uso y no para el homogéneo **UC-009 Descargar Mapa Contaminación** es que en este caso es necesario generar la capa de ruta del fichero de ruta para cada petición, lo que aumenta su complejidad, mientras que

para los mapas de contaminación, una vez generados se almacenan en memoria persistente, por lo que sólo hay que recuperarlos cuando sea necesario.

La interacción comienza con el mensaje del actor *Usuario Visitante* para la descarga del mapa de ruta. El servlet que atiende la petición es de tipo **MapaRutaServlet** del subsistema *Servidor de Mapas*. Éste se encarga de extraer las coordenadas de los puntos de la ruta e invocar la generación de la capa de ruta mediante la clase **GeneradorMapas**.

La instancia de *GeneradorMapas* utiliza el artefacto **Generador_Mapa_Ruta** para su comunicación con el sistema externo **GeomView** en la elaboración de la imagen de ruta. Se procede a la configuración del entorno de ejecución de *GeomView* y con los puntos de la ruta se dibujan los tramos que la componen. Un mensaje de obtención de la imagen resultante finaliza la interacción con este actor.

Una vez devuelto el flujo a la instancia de *GeneradorMapas*, lo siguiente es la modificación de la imagen para atribuirle una transparencia mediante el actor **GIMP**, lo que permitirá combinarla en otra interacción de forma adecuada con una imagen del mapa callejero de Madrid y así obtener el mapa de ruta final. Esta imagen será la servida al usuario final de tipo *Usuario Visitante*.

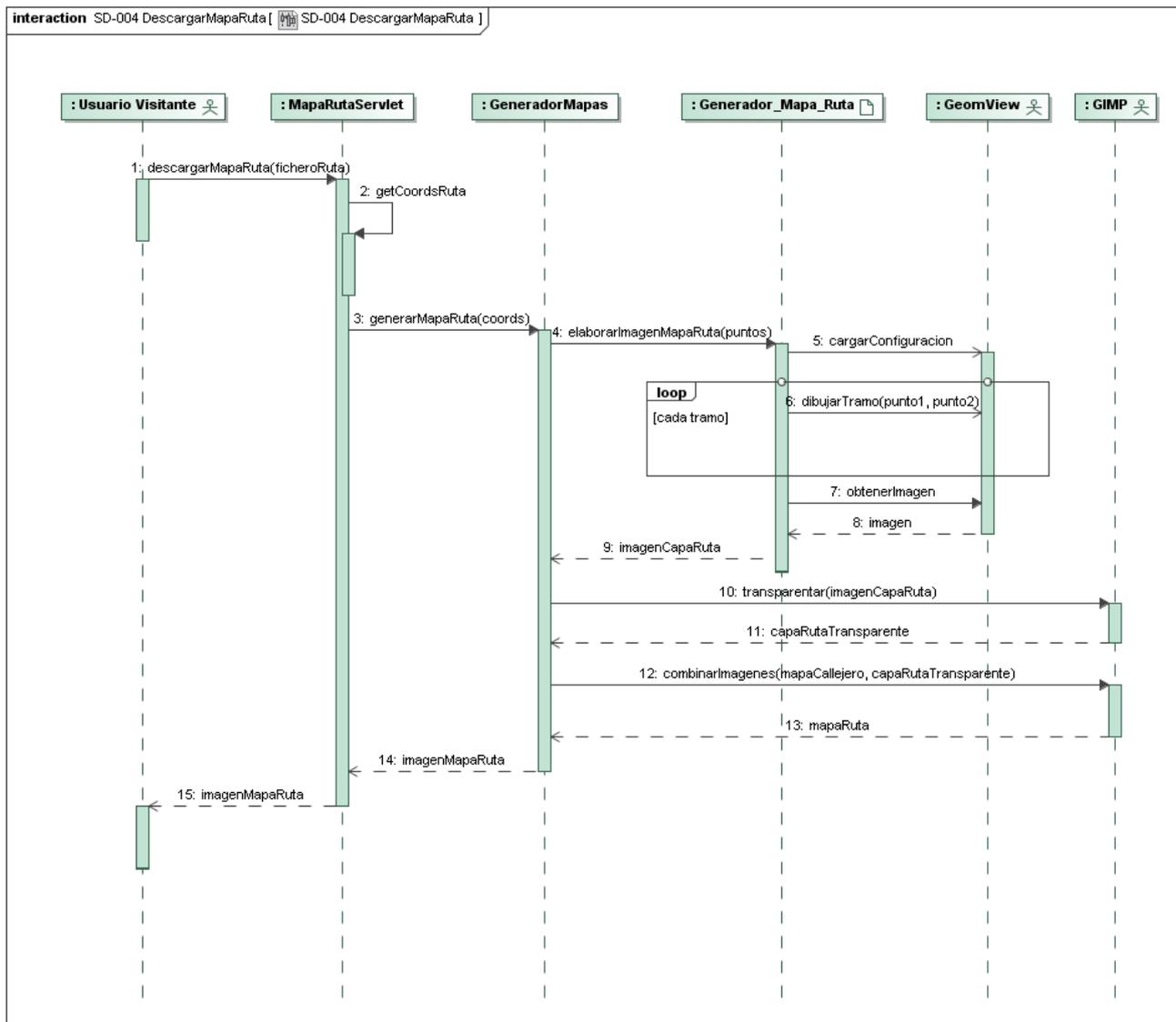


Ilustración 25. Diagrama de Secuencia SD-004 DescargarMapaRuta.

El último de los diagramas de secuencia es el **SD-005 RecolectarDatosEstaciones** asociado al caso de uso **UC-017 RecolectarDatosEstaciones**.

El comportamiento especificado en este diagrama de secuencia corresponde a un proceso periódico, por lo que, aunque no se describa, el actor *Time*, creado para esta situación, envía el mensaje de activación. El flujo de ejecución está gestionado por una instancia del tipo **Recolector** del subsistema Recolector de Mediciones. Ésta obtiene las peticiones correspondientes a las fuentes cargadas desde el fichero de configuración mediante una instancia de **GestorFuentes**. Estas peticiones son de tipo **Petición** del mismo paquete, y contienen toda la información necesaria para consultar los servicios externos RVCA sobre las estaciones de mediciones, y los tipos de los conversores de respuestas.

La instancia de *Recolector* lleva a cabo las peticiones a los *servicios RVCA* y encapsula las respuestas en objetos de tipo **Respuesta**. Posteriormente, instancia las clases encargadas de

interpretar dichas respuestas según la información de las peticiones, y que deberán ser de tipo ***EstacionHtmlParser***.

Finalmente, se invoca la actualización de la información del sistema a partir de estas instancias de ***EstacionHtmlParser***. Ellas serán las responsables de interpretar la información contenida en las instancias de ***Repuesta*** de las peticiones y crear nuevos objetos de tipo ***Estacion***, ***Contaminante*** o ***Medida*** cuando sea necesario. Posteriormente, guardarán los datos a partir de la clase ***PostgreSQLManager*** del subsistema de Sistema Gestor de Bases de Datos.

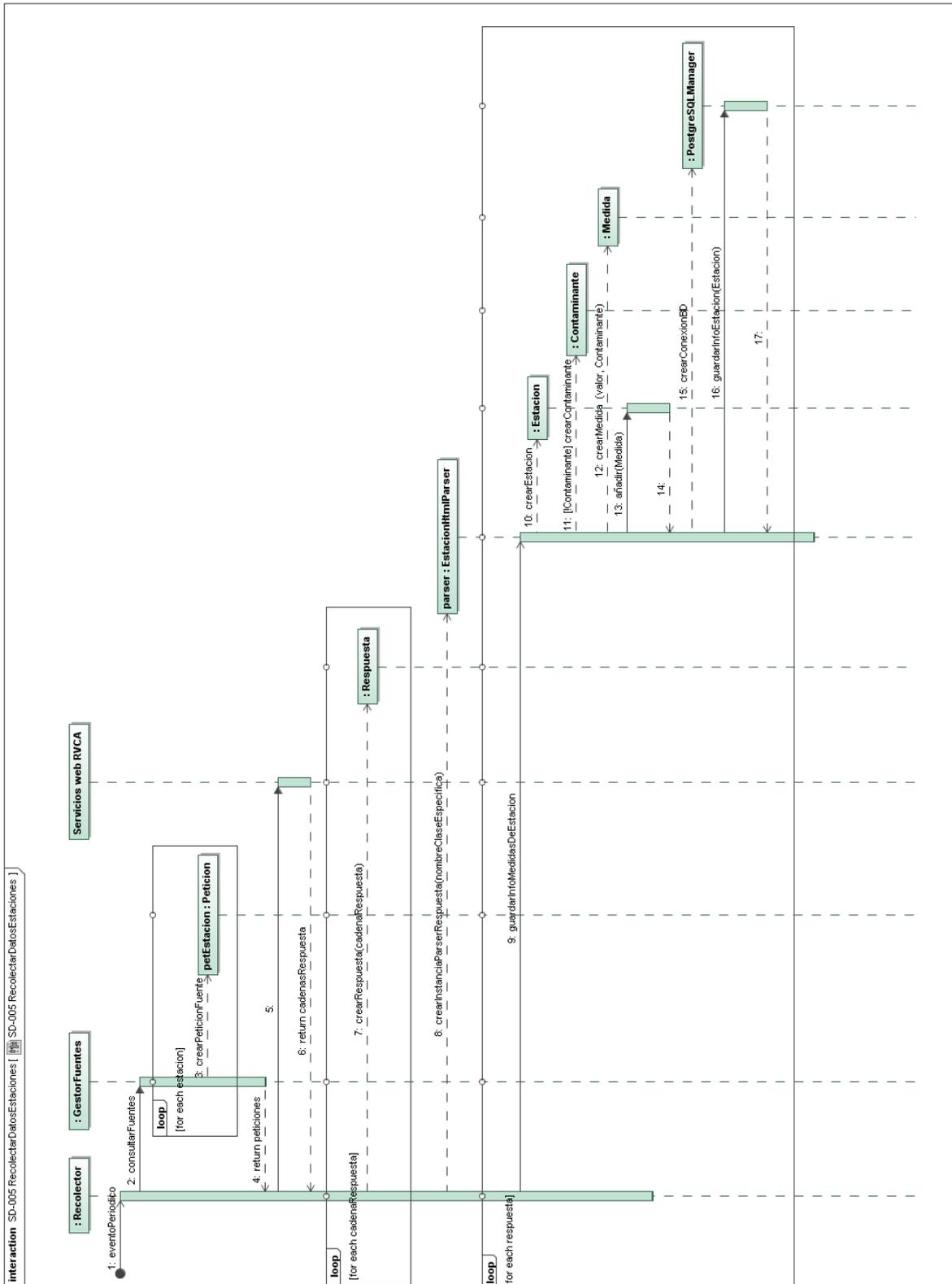


Ilustración 26. Diagrama de Secuencia SD-005 RecolectarDatosEstaciones.

5.3.2 Algoritmo de Interpolación de la Librería CGAL

Una de las partes fundamentales del sistema, tal como se identificó ya en el estudio de viabilidad, es la encargada de los procesos matemáticos. Tal importancia se debe a la naturaleza analítica de la funcionalidad del sistema, que trata de ofrecer información derivada e interpretada del procesamiento de datos concretos disponibles. Y en esta importancia se motiva la necesidad justificada de la incorporación de sistemas externos de soporte, como la *Librería CGAL* o *GeomView*, para proporcionar de forma confiable dicha funcionalidad.

El comportamiento del sistema especificado en el apartado de diseño de este proyecto se refiere a partes concretas del sistema solución a un nivel alto de detalle. No obstante, se cree necesario identificar y explicar las alternativas y el algoritmo empleado mediante el sistema CGAL [18] en la estimación de los valores de las concentraciones de los contaminantes en puntos concretos del mapa y más exhaustivamente en la malla utilizada para la elaboración de la imagen de la capa de contaminación de los mapas de contaminación. En la elección de este algoritmo se basa la calidad y la fiabilidad de los resultados obtenidos, por lo que se considera de vital importancia.

El problema que debe resolver el algoritmo se contextualiza en un marco espacial de tres dimensiones en el que se dispone de puntos en un espacio plano con pesos asociados representativos de las concentraciones de los contaminantes obtenidas de las mediciones hechas por las estaciones de la RVCA. El objetivo, entonces, es calcular los valores de dichas concentraciones en cualquier otro punto del espacio plano a partir de los puntos de concentraciones conocidos.

Al proceso matemático de definición de una función que toma unos valores específicos en puntos concretos se le denomina **interpolación**. Existen muchos métodos de interpolación dependiendo de las características del espacio conocido. No obstante, dada la sencillez del caso que nos aborda y ya que satisfacen adecuadamente las necesidades de información del proyecto, se describirán las alternativas implementadas por el sistema CGAL [18].

Todos los métodos siguientes están definidos como funciones de coordenadas de vecinos naturales [31] (*Natural Neighbor Coordinates*), lo que principalmente delimita el alcance de consideración de los puntos de influencia a los existentes vecinos según el diagrama de Voronoi [32]. De forma simplificada, se muestra la siguiente ilustración con el diagrama de Voronoi [32] de un número determinado de puntos de referencia.

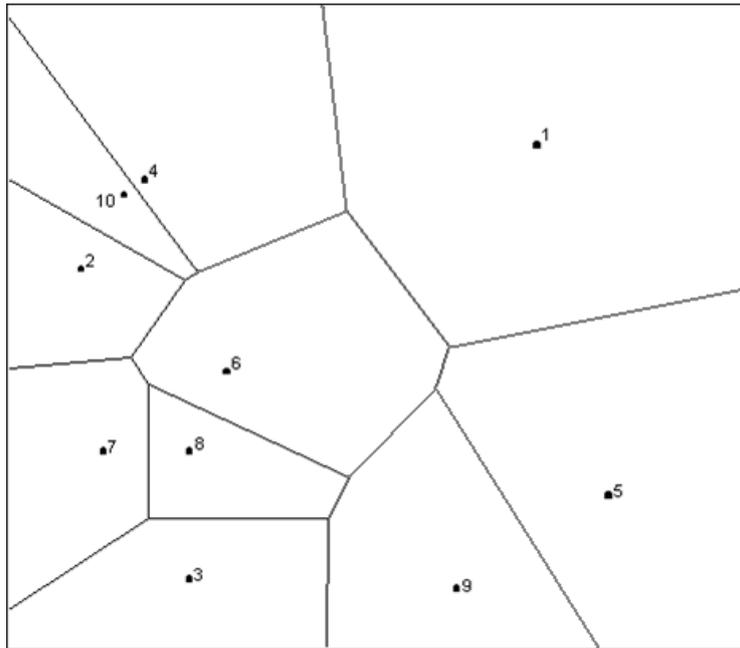


Ilustración 27. Ejemplo de Diagrama de Voronoi.

Según la interpolación por coordenadas de vecinos naturales, a partir de ciertos puntos, la consideración de otro dentro del espacio produciría un diagrama de Voronoi [32] diferente. A través de este diagrama resultante se puede obtener la influencia del valor de la función de interpolación en dicho punto, de tal forma que el área “robada” por la nueva celda de Voronoi del punto insertado corresponderá al grado de atribución que se haga a dicho punto respecto al original. La *Ilustración 28* muestra dicha circunstancia.

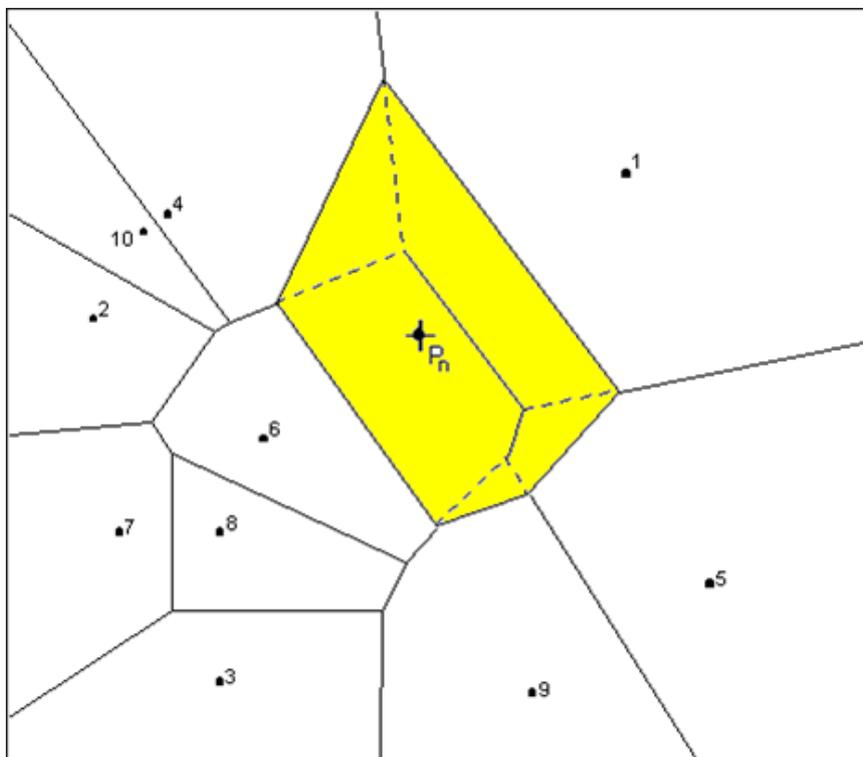


Ilustración 28. Ejemplo de inserción de un nuevo punto en el Diagrama de Voronoi.

El punto P_n induce una nueva celda coloreada de amarillo según el esquema de Voronoi [32], que recorta espacio a las ya existentes de otros puntos. La influencia del peso de los diferentes puntos del diagrama respecto al valor del punto P_n resultante dependerá del área que se superponga ésta a las áreas de los otros puntos.

A partir de estas aclaraciones, los métodos ofrecidos por CGAL [18] son:

- **Linear Precision Interpolation.** Este es el método de interpolación más sencilla y se basa en reproducir funciones lineales exactas. Está desarrollado por Sibson [33] y obtiene la interpolación a partir de la combinación de los valores de las funciones lineales de los vecinos con pesos asociados a las coordenadas. La estimación resultante satisface las necesidades de exigencia del proyecto y, por ello, **es la función utilizada en la interpolación de valores del sistema.**

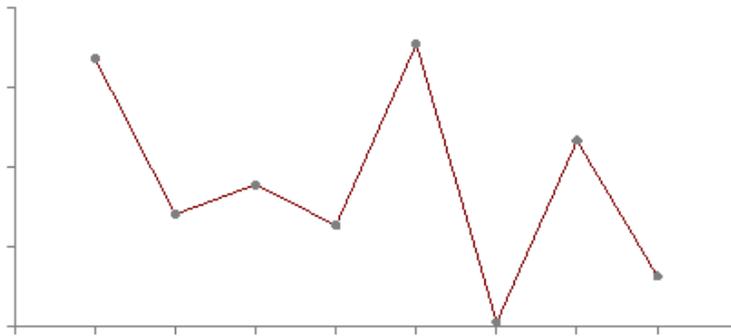


Ilustración 29. Representación de la Función de Interpolación Lineal.

- **Sibson's C1 Continuous Interpolant.** Para este método, Sibson [33] incluye en la función lineal un factor de ajuste determinado por una función esférica cuadrática exacta.

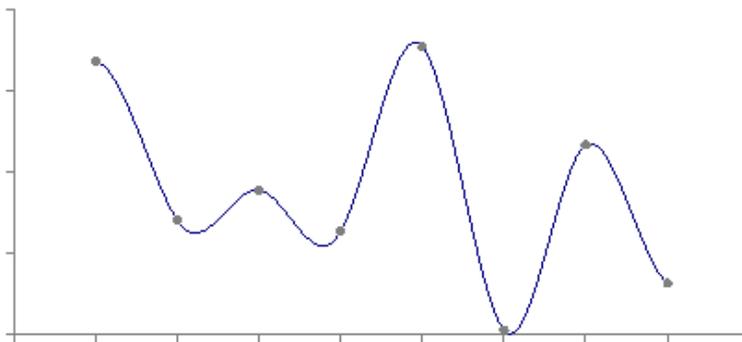


Ilustración 30. Representación de la Función de Interpolación Continua de Sibson.

- **Farin's C1 Continuous Interpolant.** Farin [34] extendió el trabajo de Sibson y aplicó las funciones de coordenadas por vecinos naturales junto con la representación de Bernstein-Bézier de *cubic simplex* que reproduce funciones cuadráticas exactas.

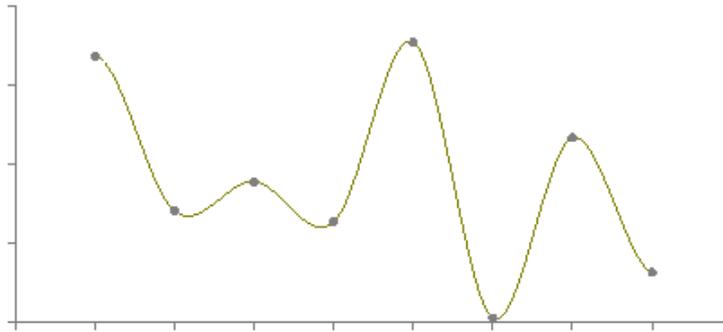


Ilustración 31. Representación de la Función Continua de Farin.

Dadas las características de cada uno se optó por la utilización del **algoritmo de interpolación lineal por vecinos próximos**, es decir, *Linear Precision Interpolation*.

5.3.3 Valoración del Riesgo para la Salud

En la visualización de los mapas de ruta, tal como se ha explicado, se lleva a cabo una evaluación de las concentraciones de los contaminantes para determinar el peligro existente para la salud de los usuarios en cada punto del recorrido de la ruta. Cada tramo de la ruta será finalmente coloreado según el nivel de riesgo máximo encontrado entre las evaluaciones de los riesgos de los contaminantes.

Dicho proceso de evaluación sigue un algoritmo concreto para cada contaminante que se describe a continuación.

1. En primer lugar se identifica el peligro inicial del agente contaminante atendiendo a rangos preestablecidos de las concentraciones existentes con riesgos asociados. Dado que el diseño del sistema considera la inclusión de nuevos contaminantes, estos rangos de peligro se podrán definir fácilmente mediante configuración. Los contaminantes que no dispongan de rangos asociados se les establecerá el nivel mínimo de riesgo.

De forma predeterminada, los niveles de riesgo definidos para las concentraciones de los contaminantes de Ozono, Partículas en suspensión, Monóxido de Carbono y Dióxido de Azufre se corresponderán a los de la *Tabla 112*. El color asociado es el que se visualizará en los tramos de los mapas de ruta y en otros gráficos para informar del nivel de peligro existente. Estos colores se establecen con el objetivo obtener un óptimo contraste respecto al mapa al que se superpone la ruta.

Concentración	Riesgo	Color	Nivel
0 - 50	Bajo	Azul	0
51 - 100	Moderado	Verde	1
101 - 150	Insalubre para grupos de riesgo	Naranja	2

151 – 200	Insalubre	Rojo	3
201 - 300	Muy perjudicial	Negro	4

Tabla 112. Niveles de concentraciones de riesgo para la salud.

Los valores de los rangos de concentraciones junto con el riesgo que implica se han obtenido del sitio oficial del *AIRNow* [25], encargado del estudio de la calidad del aire y de sus repercusiones en la salud.

2. El siguiente paso pretende precisar más el nivel de riesgo de los diferentes contaminantes atendiendo a factores circunstanciales como la hora o la temperatura ambiental acontecida en la realización de la ruta. Para ello se han ciertas comprobaciones que variarán el nivel de riesgo calculado del paso anterior. Estas comprobaciones son:

- Si la temperatura es menor de 10°C, el riesgo para el Monóxido de Carbono aumenta medio nivel. Esto se debe a que a bajas temperaturas las concentraciones de Monóxido de Carbono se mantienen a baja altura.
- Si la temperatura es mayor de 30°C, el riesgo para el Ozono aumenta medio nivel. El motivo es que si existe exposición solar a altas temperaturas, los efectos del Ozono son mayores.
- Si la hora está entre las 14:00 y las 17:00 en verano, el riesgo para Ozono aumenta medio nivel. Se considera que este intervalo es especialmente peligroso en verano.
- Si la hora está entre las 08:00 am y las 11:00 am o entre las 18:00 y las 21:00 de un día entre semana, los niveles de riesgo para Monóxido de Carbono y Partículas en Suspensión aumentan medio nivel. En este rango de horas estos contaminantes se concentran en mayor cantidad cerca de carreteras.
- Si llueve, el nivel de riesgo para Partículas en Suspensión aumenta medio nivel. Este fenómeno incrementa la formación de partículas en el aire.

3. El paso tercero ajusta el nivel de peligro según a las características de la persona que realiza la ruta. En este punto entran en juego los perfiles personalizados. Si no se diera la naturaleza de la persona, se considerará un perfil por defecto sin modificaciones en el nivel de riesgo obtenido hasta el momento.

Los factores que influyen para la valoración del riesgo son los siguientes:

- Si el peso corporal es mayor de 70 kg. entonces se aumenta un cuarto de punto del nivel de riesgo para cualquier contaminante.
- Si se identifican sensibilidades relacionadas con problemas respiratorios, el nivel de riesgo aumenta medio punto para los contaminantes derivados del Nitrógeno, para el Ozono, las Partículas en Suspensión o el Dióxido de Azufre.

- Si se señalan problemas respiratorios agudos como asma se aumenta un nivel para derivados del Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Ozono o Partículas en Suspensión.
- Para el caso de enfermedades cardíacas se aumenta medio nivel en Monóxido de Carbono, Partículas en Suspensión o Dióxido de Azufre.
- Según el rango de edad se aumenta medio nivel para niños en el caso de Ozono, Partículas en Suspensión y Dióxido de Azufre, y otro medio nivel para ancianos en Ozono y Partículas en Suspensión.
- En consideración del esfuerzo físico realizado, se aumenta medio nivel para Ozono en caso de una intensidad de ejercicio ligera, y un nivel para Ozono y Partículas en Suspensión para una intensidad fuerte.

Finalmente se obtiene el valor del riesgo según el nivel de peligro calculado. Para los casos donde se encuentren decimales podrá advertirse de su proximidad al siguiente nivel de riesgo.

5.4 DISEÑO DE CLASES

Mediante esta actividad se consigue el modelo de clases de diseño a partir del elaborado en el análisis. En dicho modelo se recoge la especificación detallada de las clases, identificando sus atributos, métodos y las relaciones establecidas entre ellas.

Para ello se tendrán en cuenta las decisiones tomadas sobre el entorno tecnológico, por lo que podrán aparecer nuevas clases concretas relacionadas con la interfaz o para proporcionar la funcionalidad no recogida en los casos de uso. También podrán modificarse o eliminarse clases provenientes del análisis por motivos de optimización.

5.4.1 Especificación del Modelo de Clases de Diseño

A continuación se procede a detallar los aspectos de las clases del sistema a partir de los componentes o subsistemas identificados en el análisis. Para conferir claridad y simplicidad a los diagramas no se representarán todas las dependencias existentes entre las clases del sistema. No obstante, se mostrarán las principales dependencias de las clases respecto a los componentes de soporte utilizados para ofrecer la funcionalidad requerida según el entorno tecnológico utilizado. Además, se incluirá una breve descripción de la responsabilidad de las clases para aquellas clases de nueva aparición que no hayan sido identificadas en la fase de análisis.

En los dos siguientes diagramas se representa el diagrama de clases del paquete *servidor*. El uso de la técnica de servlets se basa en la interpretación y la asignación de las peticiones web a instancias de clases llamadas *serlvets*. Para ello, se pueden elaborar servlets con un comportamiento específico a cada tipo de petición HTTP gracias a la herencia de la clase *javax.servlet.http.HttpServlet*. Las clases recogidas en el paquete *servidor* en su mayoría heredan de esta clase, pero es necesario anotar que aunque se presente en el diagrama, este paquete no pertenece a la parte del sistema a desarrollar, sino que se incorpora junto con las librerías de Java.

En la segunda parte del diagrama se muestra el componente de interfaz añadido *index.jsp*. Los ficheros JSP son documentos de texto plano que incorporan código HTML y scripts Java. En el entorno de servlets de Java, a partir de los tipos de ficheros JSP se crean de forma transparente instancias de servlets para atender peticiones. La instancia servlet de este fichero JSP se encargará de mostrar la interfaz principal en forma de fichero HTML con una cabecera de página, un menú donde se permita acceder a las funciones del sistema para el usuario, y el visor de mapas con el mapa callejero del sistema.

También se ve incrementado el contenido del paquete a través del subpaquete *servidor.scripts*, que contiene ficheros de código JavaScript para proporcionar la gestión de envíos de formularios, la interacción dinámica sobre los mapas presentados al usuario mediante AJAX [30] y la comunicación con la interfaz de Google Maps.

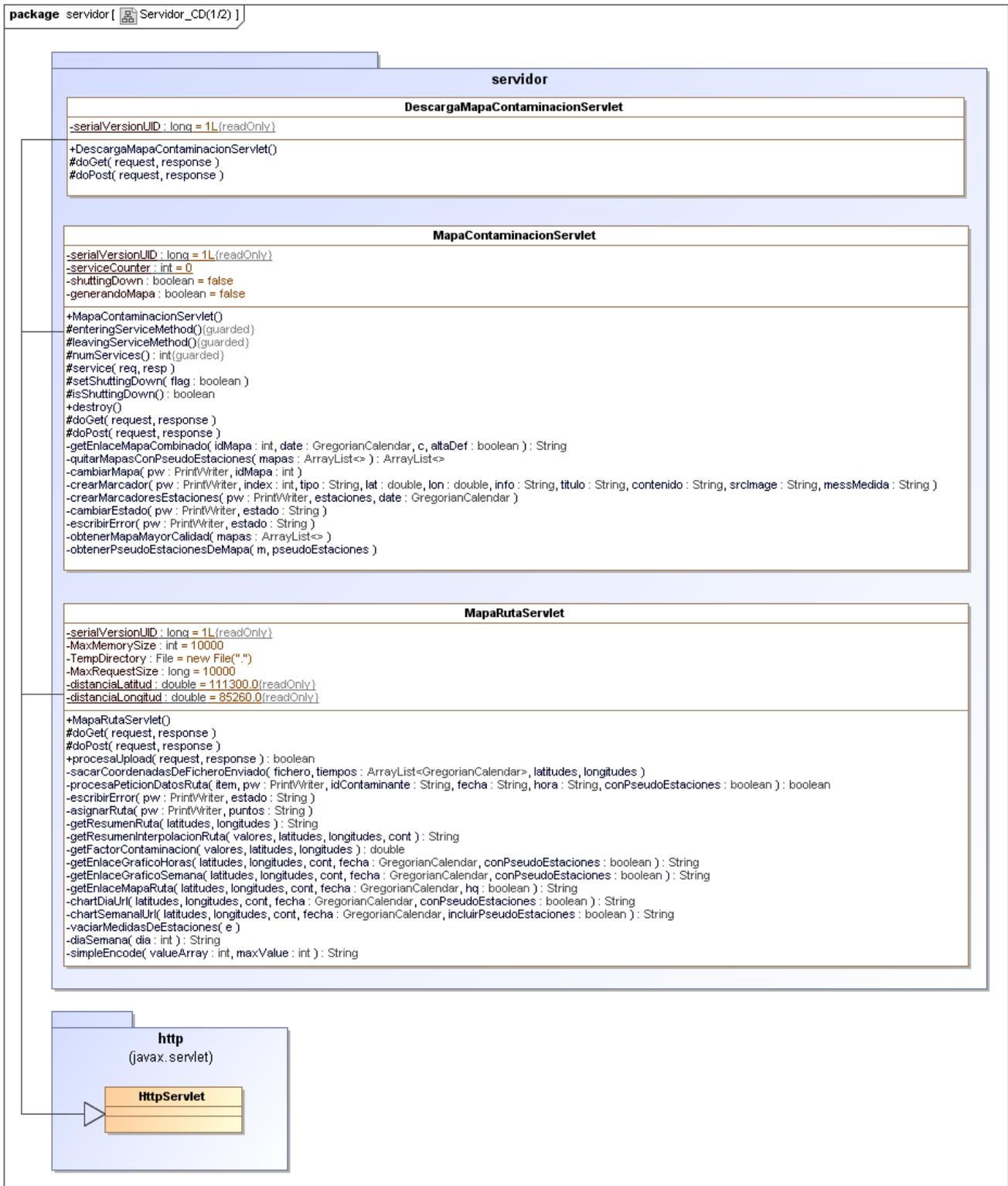


Ilustración 32. Diagrama de Clases de Diseño del paquete servidor (1/2)

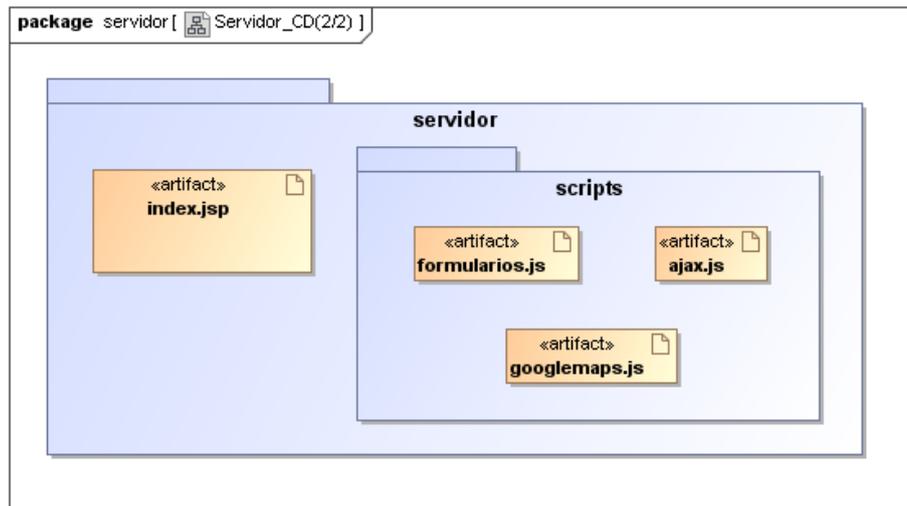


Ilustración 33. Diagrama de Clases de Diseño del paquete servidor (2/2)

El paquete *modelo* representa el subsistema *Modelo de Negocio* identificado en el análisis. Las clases contenidas en él no sufren grandes modificaciones respecto al modelo del análisis sino una mayor especificación de sus atributos y operaciones, por lo que no repararemos en mayores detalles. Si se destaca la incorporación de la clase *PseudoEstacionesConfig* para la creación y especificación de las pseudoestaciones del sistema.

La clase **modelo.PseudoEstacionesConfig** se encarga de cargar la configuración de las pseudoestaciones definidas por el usuario *Administrador*. Mediante un fichero de configuración llamado *pseudoEstaciones.xml*, escrito con una sintaxis XML y validado contra un esquema DTD recogido en *pseudoEstaciones.dtd*, la clase instancia el conjunto de pseudoestaciones a utilizar en los procesos del sistema de mapas.

Se destaca la relación de herencia de la clase *PseudoEstacion* respecto a *Estacion*, y la dependencia existente entre ésta última con la clase *Medida*. Esto es así porque las instancias de *Estacion* actúan como contenedores de mediciones representadas en objetos de tipo *Medida*. Aunque no se represente por simplicidad en los diagramas, la clase *GestorFuncional*, además de la dependencia con el tipo *Mapa*, también requiere de los demás tipos del paquete.

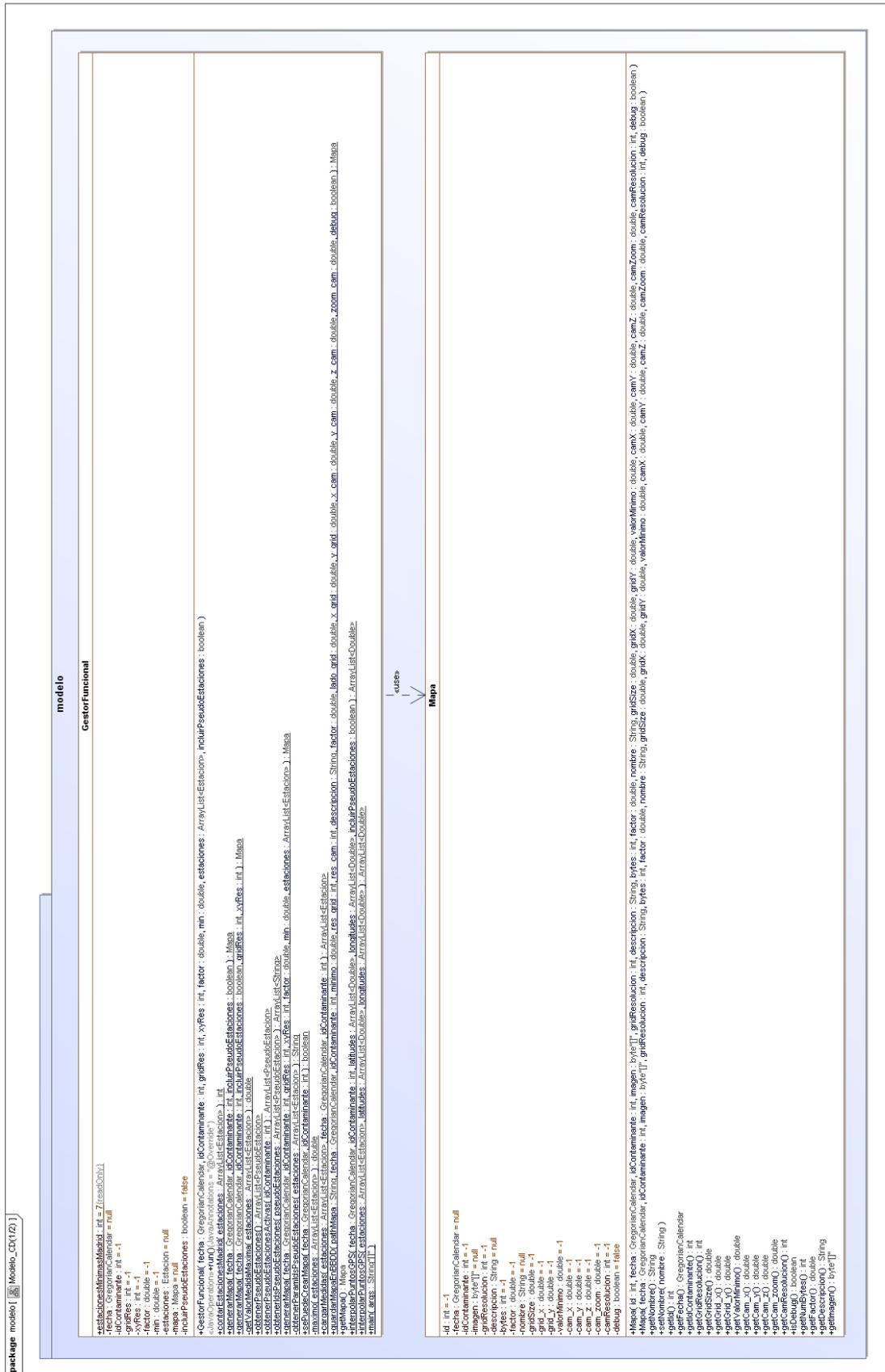


Ilustración 34. Diagrama de Clases de Diseño del paquete *modelo* (1/2)

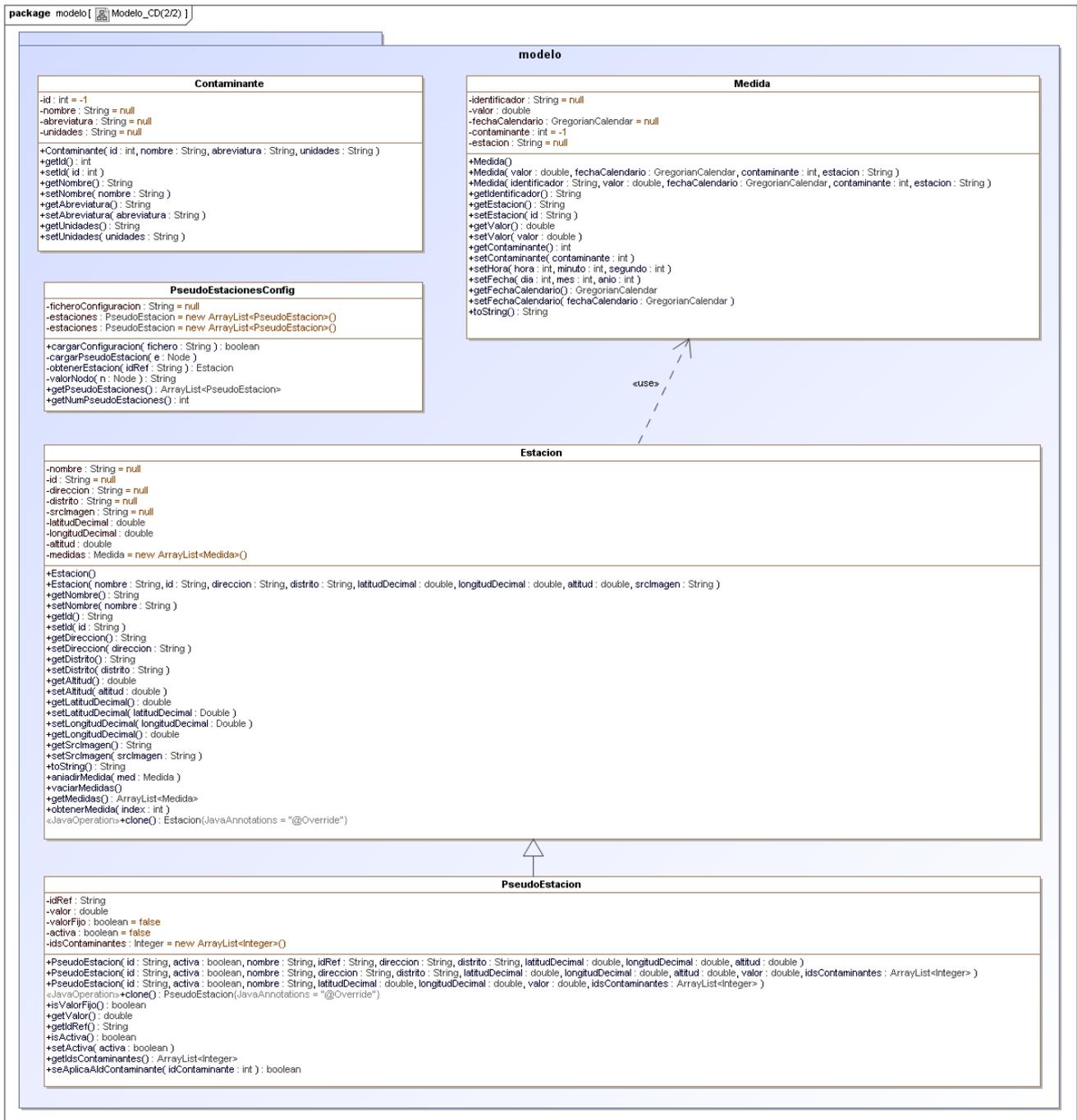


Ilustración 35. Diagrama de Clases de Diseño del paquete *modelo* (2/2)

El paquete *mapa* contiene la clase *mapa.GeneradorMapas* responsable de la elaboración de las imágenes de los mapas del sistema y de la comunicación con las interfaces correspondientes tal como se describió en el análisis.

En el diagrama siguiente se especifica la existencia de los artefactos concretos utilizados en la labor. Estos artefactos son: **Generador_Mapa_Contaminacion**, **Generador_Mapa_Ruta** e **Interpolador**. Su naturaleza es de unos ficheros ejecutables de C++ que sirven para la activación y comunicación con la interfaz del sistema de soporte *Librería CGAL*. Se utilizan de puente para la simplificación del proceso de invocación de un entorno tecnológico diferente como el de CGAL. Los

dos primeros se emplean para la generación de las imágenes de los mapas de contaminación y de ruta respectivamente, y el tercero proporciona acceso a las funciones matemáticas de cálculo de concentraciones de contaminantes en puntos concretos del mapa mediante algoritmos de interpolación.

El subsistema de infraestructura comprometido con la base de datos se contiene en el paquete *bd*. En él, se detallan las clases *ConnectionManager* y *PostgreSQLManager* al igual que en el análisis, y también las relaciones de dependencia entre ellas y con el artefacto *postgresql-8.4-701.jdbc3.jar*. Este artefacto es la librería del controlador Java para bases de datos PostgreSQL 8.4 necesario para la comunicación con el sistema.

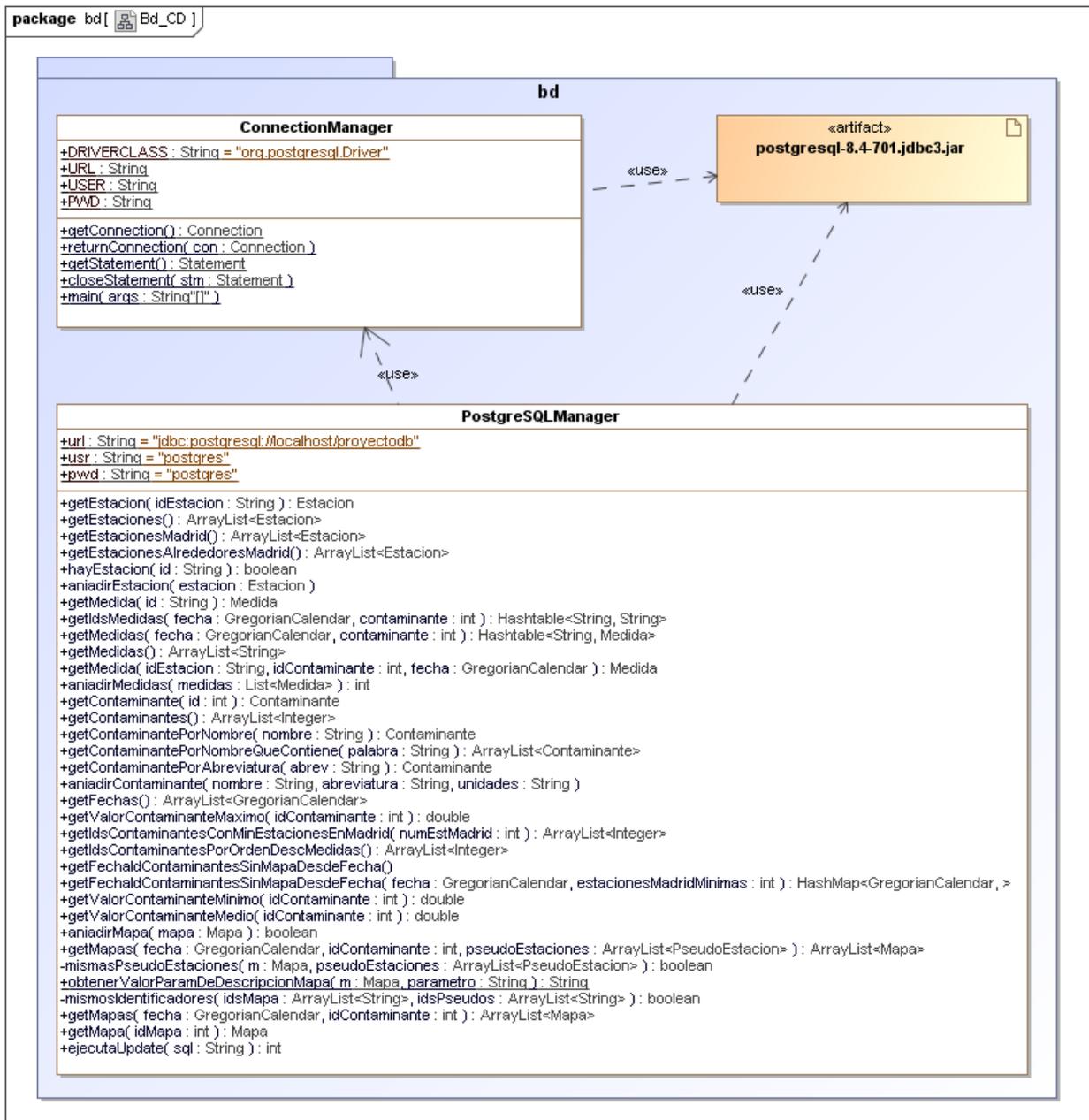


Ilustración 37. Diagrama de Clases de Diseño del paquete *bd*

Un paquete de nueva incorporación es el paquete *debug*. Se ha decidido que pase a formar parte del sistema por motivos de mantenimiento y seguridad, ya que la función que desempeña es la de gestionar y monitorear los mensajes de comportamientos del sistema y estados anómalos para su control por los administradores.

Este paquete está compuesto únicamente por la clase *Debug*, tal como se puede apreciar en su especificación del siguiente diagrama.



Ilustración 38. Diagrama de Clases de Diseño del paquete *debug*

A continuación tenemos los diagramas del paquete *recolector*. La representación del paquete se subdivide en tres diagramas sin mostrar las relaciones de dependencia por claridad de contenidos. Las clases del paquete se corresponden a las del análisis, por lo que no se describirá su labor.

Para encarnar las clases del entorno tecnológico, se muestra la relación de generalización entre la clase *recolector.parser.EstacionHtmlParser* y la clase *org.xml.sax.DefaultHandler* proveniente de las librerías de Java. Esta relación constituye la base para poder llevar a cabo las conversiones entre las respuestas en HTML de los servicios web de la RVCA ante peticiones de información, y se repite en el segundo diagrama a modo de recordatorio. Las clases que deriven de ésta podrán utilizarse para la interpretación de respuestas de servicios, por lo que en ningún momento se cierra la posibilidad de incorporar nuevos servicios de forma dinámica.

Para ello, la clase *Recolector* dependerá y utilizará el tipo *recolector.parser.EstacionHtmlParser* de forma genérica, además de requerir de las clases de su paquete y de otros del sistema como *modelo.Estacion* y *modelo.Medida*.

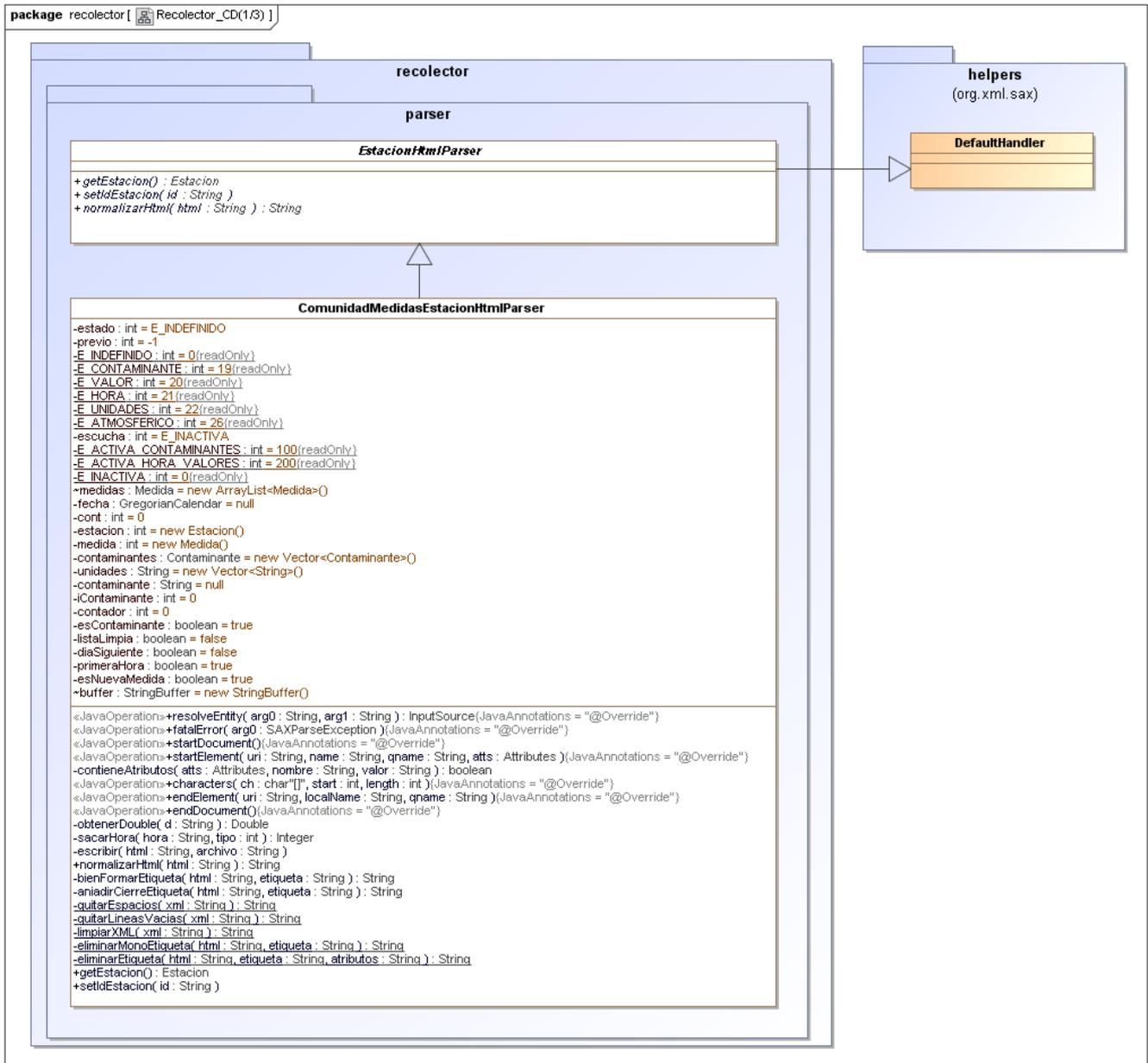


Ilustración 39. Diagrama de Clases de Diseño del paquete recolector (1/3)

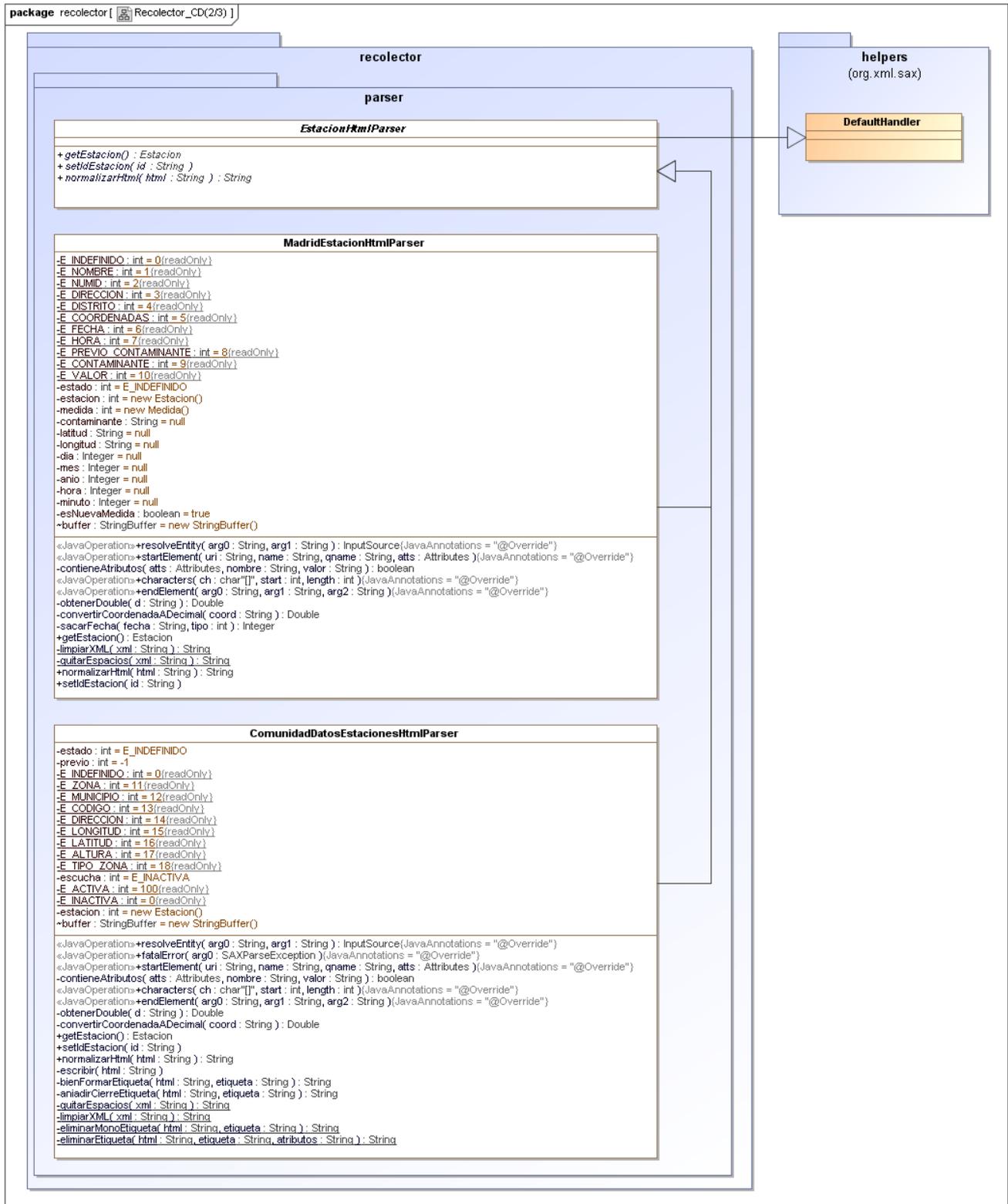


Ilustración 40. Diagrama de Clases de Diseño del paquete recolector (2/3)

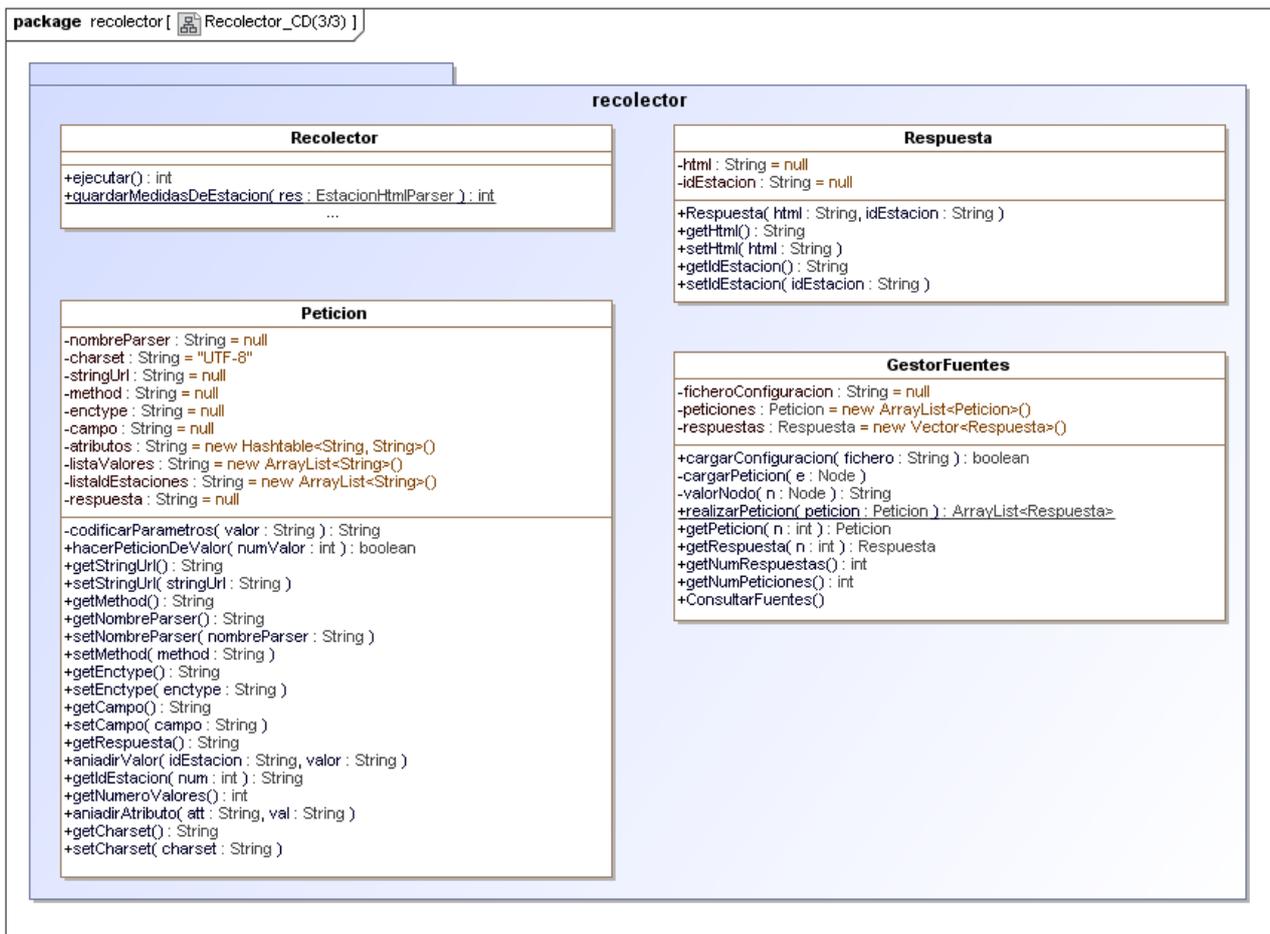


Ilustración 41. Diagrama de Clases de Diseño del paquete recolector (3/3)

Finalmente, se presenta el diagrama del paquete *clientemovil*. Este es el único paquete que se implementará para la plataforma Windows Mobile, por lo que, tal como se describió, contendrá detalles referentes a la tecnología Microsoft .NET Compact Framework.

Es necesario aclarar que el paquete *System* no pertenece al sistema a desarrollar, sino que está incorporado en las librerías de .NET Compact Framework 3.5. Además, aunque no se muestra en el diagrama, las clases hacen uso del sistema de soporte *Dispositivo Gps* para ofrecer la funcionalidad del sistema.

Excepto la clase *VisorMapas*, las demás son clases de soporte elaboradas en el diseño encargadas de la comunicación e interpretación de la información proveniente del dispositivo Gps. Dado que *VisorMapas* ya fue descrita en el análisis, se procede a identificar las funciones de las otras clases:

- **Gps:** ofrece una representación o interfaz sencilla hacia las posibilidades del dispositivo Gps. Permite obtener la posición y el estado del mismo mediante la escucha en ejecución paralela de la información enviada por el dispositivo. Para ello necesita, según la tecnología utilizada, la creación de instancias específicas del tipo *System.EventHandler* de la plataforma Microsoft .NET. Además, aunque no se refleje por claridad de contenidos, la clase hace uso de los tipos *GpsPosition* y *GpsDeviceState* para englobar la información correspondiente.

- **GpsPosition:** actúa de encapsulador de la información de localización del dispositivo. Contiene la latitud, longitud y la altura de su posición, así como datos sobre los satélites accesibles según la cobertura de la señal. También guarda una marca de tiempo de toda la información recogida para comprobar incoherencias.
- **GpsDeviceState:** es la clase encargada de mantener el estado del dispositivo Gps en el ciclo de ejecución. A través de la misma se activan los distintos eventos de escucha y aglomeración de datos. Se utiliza incluso para averiguar la frescura y validez de la información en un instante de tiempo.
- **DegreesMinutesSeconds:** permite la localización geográfica exacta de un punto a través de sus coordenadas. Contiene los grados, minutos y segundos de una coordenada, y si ésta es positiva o negativa. Para ello dispone de sendos atributos, operaciones de construcción de instancias y una función para la conversión de la coordenada a decimal.
- **DeviceStateChangedEventArgs:** representa el evento de cambio de estado del dispositivo Gps. Contiene en un atributo la información del nuevo estado al que pasa el dispositivo y dispone de una operación constructora. Para poder realizar su función hereda de una clase *EventHandler* específica de la plataforma .NET Compact Framework.
- **LocationChangedEventArgs:** este caso representa el evento de cambio de localización del dispositivo Gps. Engloba la información de la nueva posición en un atributo y permite la creación de instancias mediante un método constructor. Para poder realizar su función hereda de una clase *EventHandler* específica de la plataforma .NET Compact Framework.

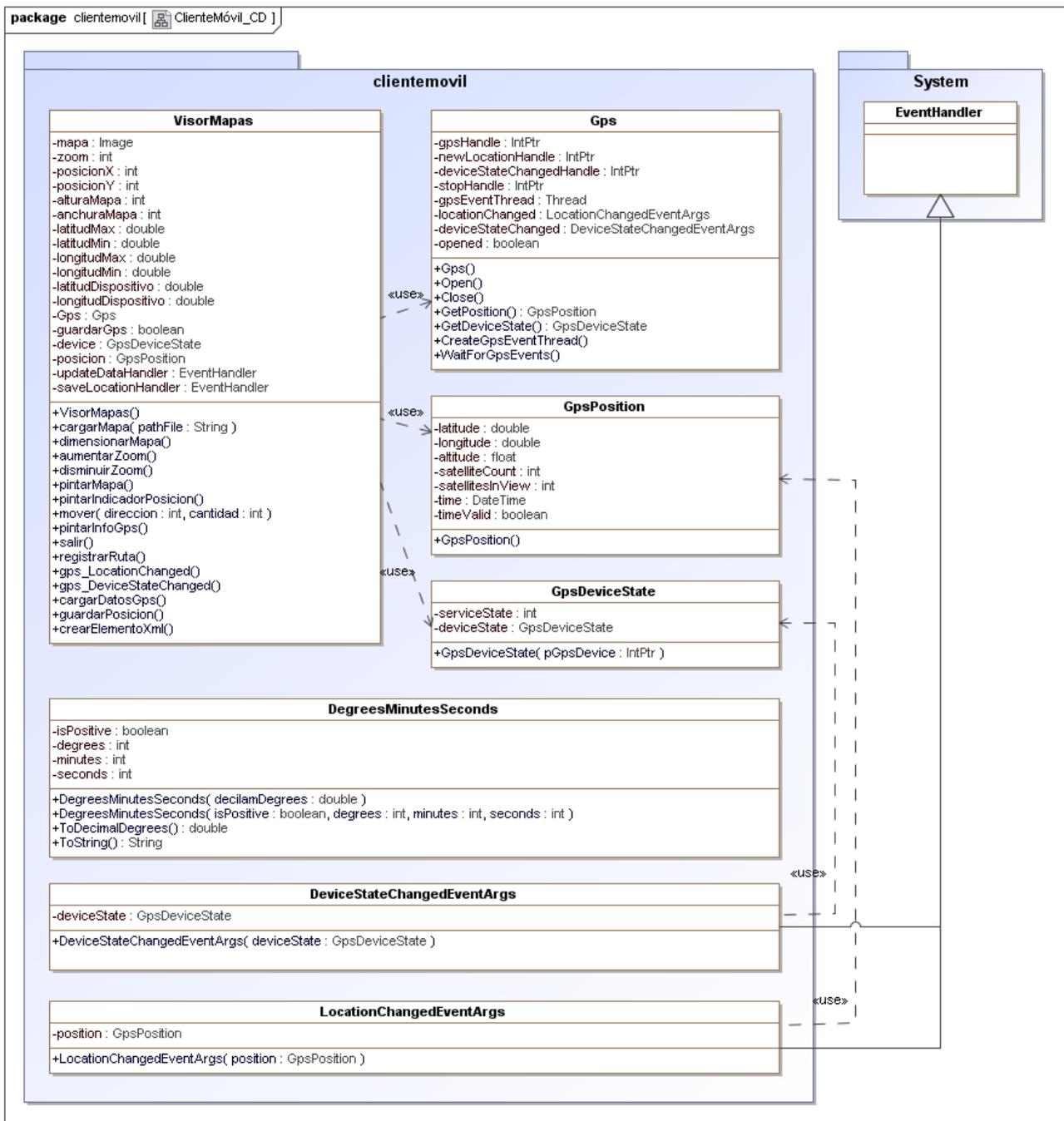


Ilustración 42. Diagrama de Clases de Diseño del paquete clientemovil.

5.5 DISEÑO FÍSICO DE DATOS

Teniendo en cuenta los requisitos de datos definidos y las características específicas del sistema de gestión de bases de datos, se procede a la especificación de la estructura física de datos que utilizará el sistema.

Dada la simplicidad del modelo de clases y el modelo lógico de datos del sistema, se ha elaborado directamente el modelo relacional de la base de datos. Puesto que no existen exigencias

concretas del rendimiento del sistema en este aspecto, la especificación del modelo relacional estará compuesta por las características mínimas necesarias para dar cobertura al modelo de datos.

El modelo relacional del sistema se muestra en la *Ilustración 43*.

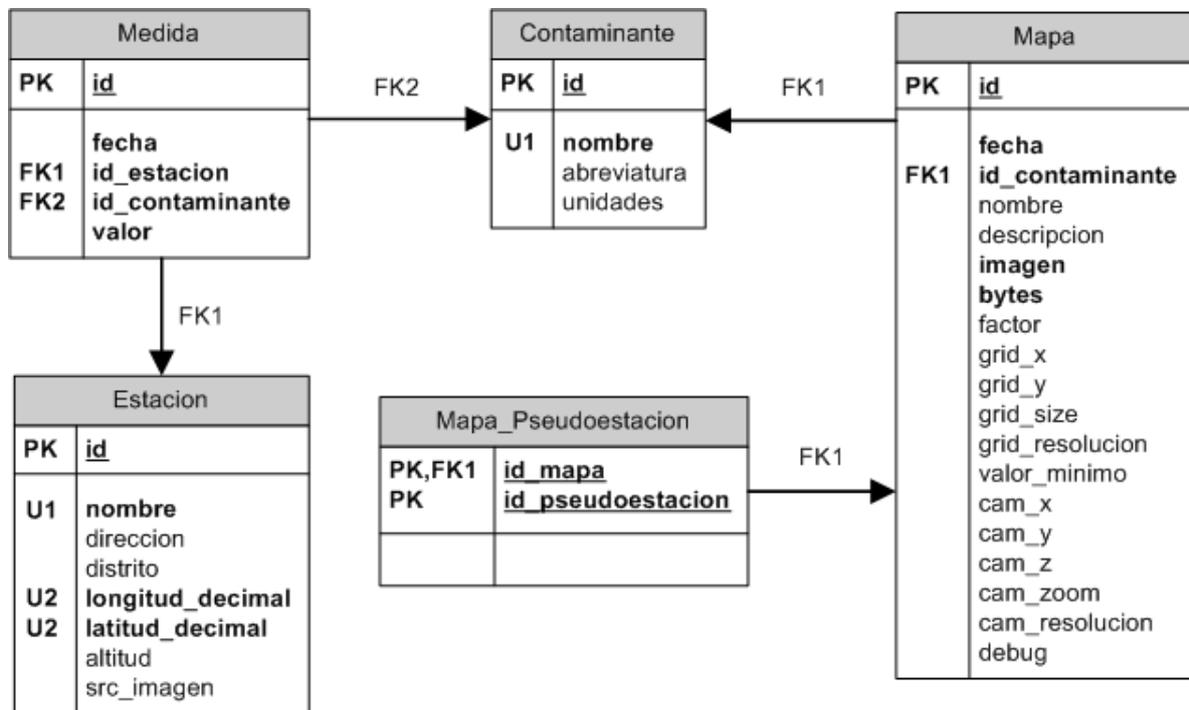


Ilustración 43. Modelo relacional de la base de datos.

Se establecen relaciones de claves primarias y foráneas con PK subrayado y FK respectivamente. Recordamos que las claves foráneas referencian a la clave primaria de otra tabla. Las claves de unicidad representadas por U determinan los campos que componen las claves alternativas. Los campos resaltados con negrita identifican campos que no pueden ser nulos (NULL).

En el modelo de la ilustración se omite por claridad la propiedad de los campos *fecha*, *id_estacion* e *id_contaminante* de clave alternativa no nula de la tabla *Medida*.

A continuación se procede a adjuntar la descripción de las tablas y los campos de la base de datos. Hay que destacar que al utilizarse un gestor de bases de datos de tipo PostgreSQL 8.4, los tipos de datos pueden contener identificadores específicos del sistema.

La tabla *Medida* representa una medición hecha por una estación en una hora y fecha determinadas para un contaminante.

TABLA MEDIDA		
Campo	Tipo	Descripción
id	Serial NOT NULL	Número autoincremental de identificación de la medida.

fecha	Timestamp sin timezone NOT NULL	Hora y fecha de la realización de la medición.
id_estacion	Character varying (255) NOT NULL	Identificador de la estación que realizó la medición.
id_contaminante	Integer NOT NULL	Identificador del agente contaminante del que se realizó la medición.
valor	Double precisión NOT NULL	Cuantía de la medición del contaminante en la fecha determinados.

Tabla 113. Descripción de los campos de la tabla Medida.

La tabla *Contaminante* corresponde con los agentes contaminantes u otros efectos atmosféricos medibles por las estaciones.

TABLA CONTAMINANTE		
Campo	Tipo	Descripción
id	Serial NOT NULL	Número autoincremental de identificación del contaminante.
nombre	Character varying (255) NOT NULL	Cadena de caracteres del calificativo del contaminante.
abreviatura	Character varying (255)	Nombre corto o formulación química referencial del contaminante.
unidades	Character varying (255)	Magnitud física estandarizada de medición del contaminante.

Tabla 114. Descripción de los campos de la tabla Contaminante.

Los registros de la tabla *Mapa* recogen la información de los mapas de contaminación elaborados por el sistema para una fecha y contaminantes determinados. Además, se caracterizan por los parámetros utilizados en la generación de los mapas.

TABLA MAPA		
Campo	Tipo	Descripción
id	Serial NOT NULL	Número autoincremental de identificación del mapa.
fecha	Timestamp sin time zone NOT NULL	Hora y fecha de las mediciones con las que se ha realizado el mapa.
id_contaminante	Integer NOT NULL	Número identificador del contaminante al que se refiere el mapa.

nombre	Character varying (255)	Cadena de caracteres calificativos al mapa.
descripción	Character varying (255)	Detalles u otras características del mapa como por ejemplo la localización.
imagen	Bytea NOT NULL	Conjunto de bytes binarios de la imagen del mapa.
bytes	Integer NOT NULL	Tamaño en número de bytes de la imagen del mapa.
factor	Double precision	Nivel de coloración del mapa según los valores de las mediciones utilizadas.
grid_x	Double precision	Coordenada x de la esquina superior izquierda del cuadrado de la malla utilizada para el muestreo de valores interpolados de mediciones en la elaboración del mapa.
grid_y	Double precision	Coordenada y de la esquina superior izquierda del cuadrado de la malla utilizada para el muestreo de valores interpolados de mediciones en la elaboración del mapa.
grid_size	Double precision	Tamaño en número de coordenadas que abarca el lado del cuadrado de la malla desde las coordenadas definidas de la esquina superior izquierda.
grid_resolucion	Double precision	Número de puntos del lado de la malla de muestras.
valor_minimo	Double precision	Valor mínimo exigido a las interpolaciones de la malla para que sean representadas en el mapa.
cam_x	Double precision	Coordenada x de la posición de la cámara de visión del espacio representado.
cam_y	Double precision	Coordenada y de la posición de la cámara de visión del espacio representado.
cam_z	Double precision	Coordenada z de la posición de la cámara de visión del espacio representado.
cam_zoom	Double precision	Factor de ampliación realizado en la cámara de visión del espacio representado.
cam_resolucion	Integer	Resolución en píxeles de la imagen del mapa con que la cámara de visión ha capturado la representación.
debug	Boolean	Verdadero si el mapa representa datos destinados a depuración.

Tabla 115. Descripción de los campos de la tabla Mapa.

La tabla *Estacion* almacena la información de las estaciones de medición disponibles junto con su localización postal y geográfica.

TABLA ESTACION		
Campo	Tipo	Descripción
id	Character varying (255) NOT NULL	Cadena única de identificación de la estación.
nombre	Character varying (255) NOT NULL	Cadena de caracteres calificativos únicos de la estación.
dirección	Character varying (255)	Dirección postal aproximada de localización de la estación.
distrito	Character varying (255)	Distrito postal de la localización de la estación.
latitud_decimal	Double precision NOT NULL	Coordenada en formato decimal de la latitud de la posición de la estación.
longitud_decimal	Double precision NOT NULL	Coordenada en formato decimal de la longitud de la posición de la estación.
altitud	Double precision	Distancia perpendicular al nivel del mar medida en metros.
src_imagen	Character varying (255)	Dirección web de localización de la imagen correspondiente a la estación.

Tabla 116. Descripción de los campos de la tabla Estación.

Las tuplas de la tabla *Mapa_Pseudoestacion* dan constancia de la relación entre los mapas y las pseudoestaciones utilizadas para elaborarlos.

Se ha optado por utilizar únicamente la base de datos para almacenar esta relación, sin incluir la información propia de las pseudoestaciones. El motivo de esta decisión es simplificar el acceso a la definición y modificación de las definiciones de las pseudoestaciones a través de un fichero en XML destinado a ello.

TABLA MAPA_PSEUDOESTACION		
Campo	Tipo	Descripción
id_mapa	Serial NOT NULL	Número identificativo del mapa.
id_pseudoestacion	Character varying (255) NOT NULL	Cadena de identificación de la pseudoestación.

Tabla 117. Descripción de los campos de la tabla Mapa_Pseudoestacion.

El fichero de definición de tipo de documento (DTD) del fichero XML correspondiente a la creación y modificación de las pseudoestaciones queda reflejado a continuación.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!ELEMENT pseudoestaciones (pseudoestacion*)>
<!ELEMENT pseudoestacion (coordenadas, { idRef | valor }, idContaminante*)>
<!ELEMENT idRef (#PCDATA)>
<!ATTLIST pseudoestacion
  identificador ID #REQUIRED
  nombre CDATA #IMPLIED
  direccion CDATA #IMPLIED
  distrito CDATA #IMPLIED
  activa (true | false) #REQUIRED>
<!ELEMENT coordenadas EMPTY>
<!ATTLIST coordenadas
  latitud CDATA #REQUIRED
  longitud CDATA #REQUIRED
  altitud CDATA #IMPLIED>
<!ELEMENT valor (#PCDATA)>
<!ELEMENT idContaminante (#PCDATA)>
```

Ilustración 44. Definición DTD del fichero de pseudoestaciones.

La tabla siguiente describe los campos característicos de las pseudoestaciones.

FICHERO DTD PSEUDOESTACIONES		
Campo	Tipo	Descripción
idRef	PCDATA	Elemento opcional identificador de la estación a reflejar en caso de definirse una pseudoestación espejo.
identificador	ID obligatorio	Cadena identificativa única de la pseudoestación.
nombre	CDATA opcional	Cadena de caracteres calificativa de la pseudoestación.
direccion	CDATA opcional	Dirección postal aproximada de la localización de la pseudoestación.
distrito	CDATA opcional	Distrito postal al que pertenece la localización de la pseudoestación.
activa	(true false) obligatorio	Determina si la pseudoestación debe o no tomarse en cuenta para los cálculos de las concentraciones de contaminantes en interpolaciones y en la generación de nuevos mapas de contaminación.
latitud	CDATA obligatorio	La coordenada de latitud de la localización geográfica de la pseudoestación.
longitud	CDATA obligatorio	La coordenada de longitud de la localización geográfica de la pseudoestación.

altitud	CDATA opcional	Distancia perpendicular al nivel del mar medida en metros.
valor	PCDATA	Elemento opcional para el caso de tratarse de una pseudoestación fija que proporcione valores invariables de las mediciones de los contaminantes.
idContaminante	PCDATA	Elemento opcional que identifica el correspondiente contaminante al que se debe aplicar el valor fijo de las mediciones.

Tabla 118. Descripción de los elementos DTD del fichero de pseudoestaciones.

CAPÍTULO 6. CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS E IMPLANTACIÓN

6.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA

En este apartado se pretende mostrar y recoger un cierto número de las pruebas de funcionamiento del sistema mediante un pequeño ejemplo de las partes más importantes del mismo. Además, se incluirá una captura junto con una explicación breve de la interfaz de usuario.

Es necesario indicar que los mapas y datos con los que se elaboran pueden no corresponder a casos reales. Además, la interfaz final del sistema puede sufrir modificaciones respecto a las imágenes incluidas a continuación.

6.1.1 Interfaz web

En primer lugar está la interfaz web principal del sistema. Se ha optado por reservar la mayor parte del espacio a la visualización del mapa dada la naturaleza analítica y la importancia que adquieren los mapas en el sistema.

En la parte superior se descubren unas pestañas que permiten acceder a las partes más diferenciadas de la funcionalidad del sistema. La principal y la única que se tratará desde ahora es la de visualización de mapas, tal como se aprecia en la imagen.

También se puede diferenciar a la parte izquierda los controles de visualización de mapas, y ocupando la mayor parte, el espacio reservado a mapas.

Dentro del control de mapas hay elementos para definir las características del mapa a mostrar.

Encontramos en primera instancia la hora y fecha del calendario del mapa, un menú desplegable con los agentes contaminantes que se pueden estudiar, una caja de verificación para la inclusión en el estudio de las pseudoestaciones y un botón para activar la visualización del mapa de las características establecidas.

Después encontramos un elemento para permitir el envío de ficheros de ruta y un botón para confirmar el proceso de envío. También se identifica una casilla de verificación que permitirá establecer los perfiles o aspectos particulares de los usuarios en el análisis del riesgo para su salud.

El espacio contenido debajo de los controles está dedicado a los mensajes de información al usuario de los procesos seguidos.

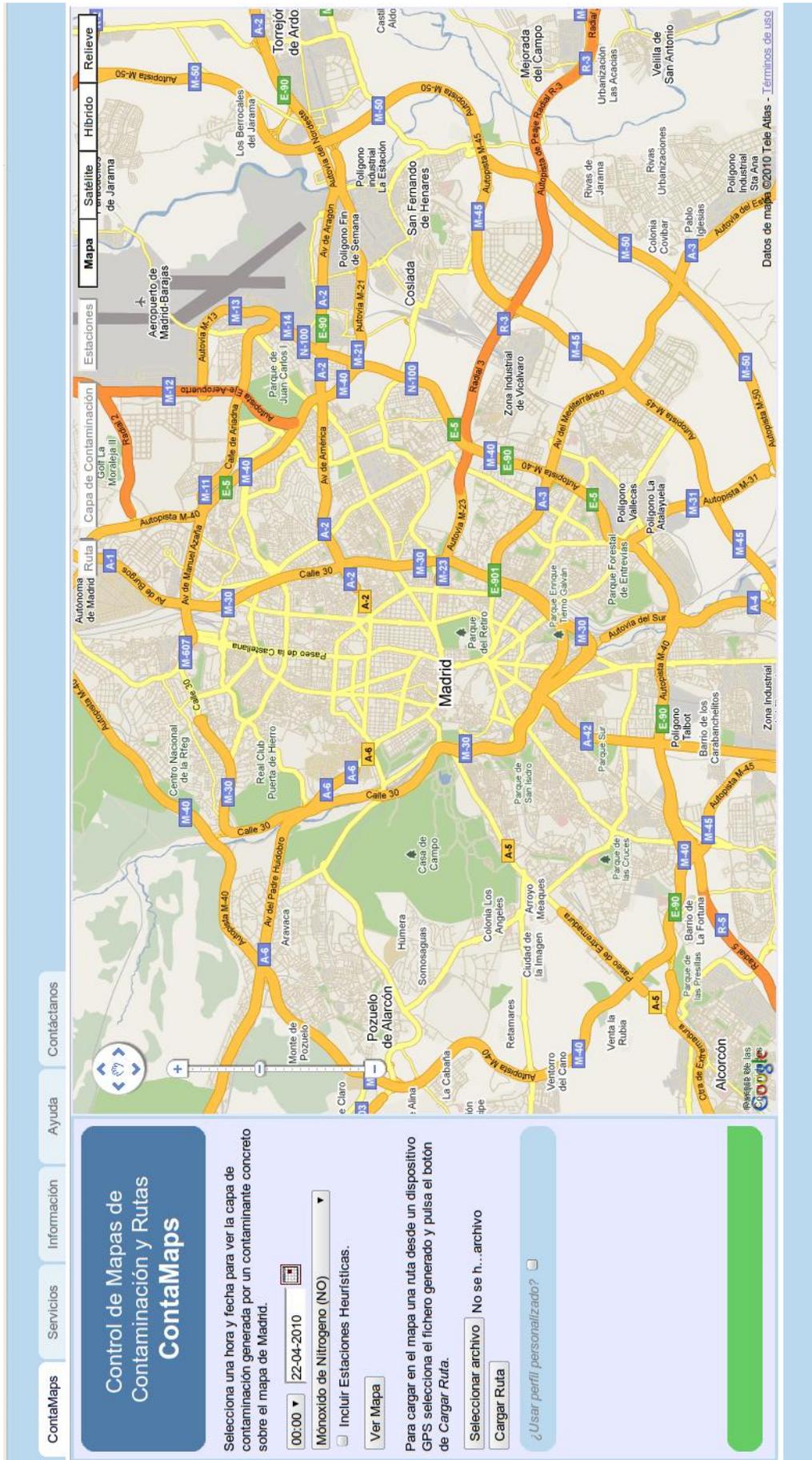


Ilustración 45. Captura de la interfaz principal del sistema.

Una de las características del sistema era que permitía añadir nuevos factores de forma dinámica a la representación de mapas sin modificación alguna. Asimismo, se puede configurar los requisitos mínimos de información exigidos a los factores para poder ser utilizados en la elaboración de mapas.

Este proceso se puede apreciar en las siguientes imágenes de los menús donde se pueden ver desde la configuración inicial hasta la totalidad de los agentes definidos.

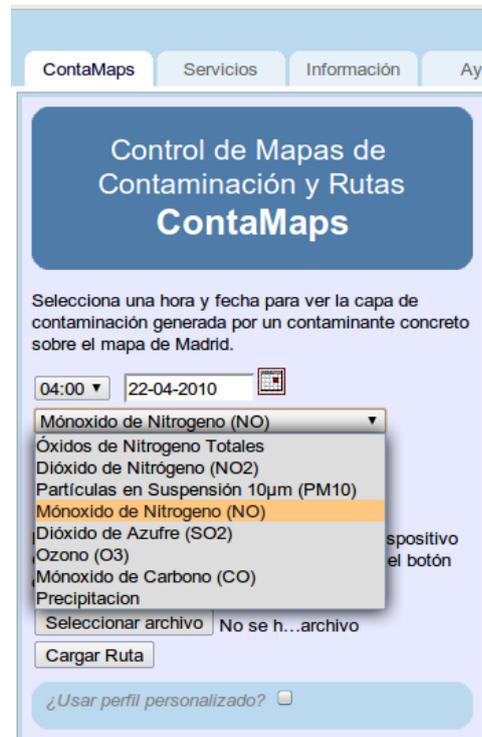


Ilustración 46. Captura de la interfaz del menú de contaminantes (1/2).

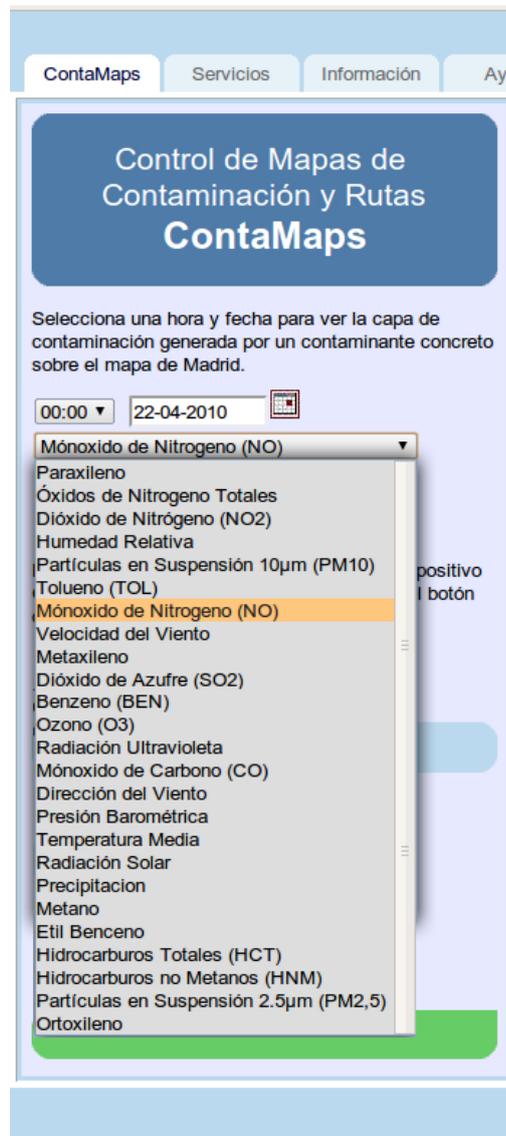


Ilustración 47. Captura de la interfaz del menú de contaminantes (2/2).

En la *Ilustración 48* se muestra un mapa de contaminación del día 22 de Abril del 2010 a las 9:00 am para el contaminante Monóxido de Nitrógeno. Podemos apreciar que se han activado los botones de capas para de contaminación y de estaciones del visualizador. Posteriormente veremos su utilidad.

Control de Mapas de Contaminación y Rutas
ContaMaps

Selecciona una hora y fecha para ver la capa de contaminación generada por un contaminante concreto sobre el mapa de Madrid.

09:00 ▼ 22-04-2010

Monóxido de Nitrógeno (NO) ▼

Incluir Estaciones Heurísticas.

Ver Mapa

Para cargar en el mapa una ruta desde un dispositivo GPS selecciona el fichero generado y pulsa el botón de **Cargar Ruta**.

Seleccionar archivo No se h...archivo

Cargar Ruta

¿Usar perfil personalizado?

El mapa mostrado corresponde al contaminante **Monóxido de Nitrógeno** para la fecha de **22-04-2010** a las **09:00** horas.
Se han cargado datos desde **49** estaciones de medición, de las cuales hay **23** de Madrid capital.
Descargue el mapa para su dispositivo móvil desde [aquí](#)
También está disponible en alta definición [aquí](#)
Si experimenta algún problema con la descarga pulse botón derecho sobre el enlace y Guarde como.

Ilustración 48. Captura de la interfaz de un mapa de contaminación sin pseudoestaciones.

Se puede distinguir la aparición de un mensaje con la información del mapa. Este mensaje contiene, según la siguiente imagen, el nombre del contaminante, la hora y la fecha del mapa. Además, también indica el número total de estaciones con medidas empleadas y el número perteneciente a Madrid. Finalmente, permite la descarga en diferentes resoluciones del mapa de contaminación para su uso en dispositivos móviles, por ejemplo.

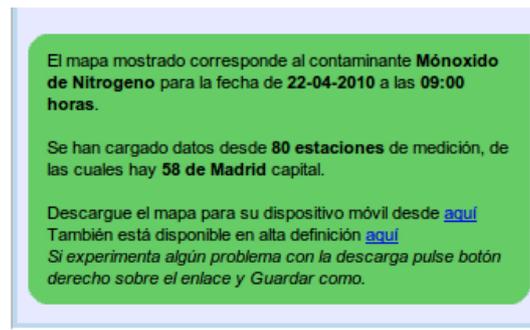


Ilustración 49. Captura de la interfaz del mensaje de información de un mapa de contaminación.

La *Ilustración 50* corresponde al mismo momento y contaminante pero usando la información heurística contenida en las pseudoestaciones. Se puede apreciar que el mapa cambia considerablemente al intentar estimar de forma más acertada la contaminación existente mediante el empleo de técnicas heurísticas representadas en las pseudoestaciones.

The screenshot displays the 'ContaMaps' web application interface. At the top, there are navigation tabs: 'ContataMaps', 'Servicios', 'Información', 'Ayuda', and 'Contáctanos'. The main content area is divided into several sections:

- Control de Mapas de Contaminación y Rutas ContaMaps:** A header section with a blue background.
- Formulario de Configuración:**
 - A date selector set to '22-04-2010'.
 - A dropdown menu for 'Mónoxido de Nitrogeno (NO)'.
 - A checked checkbox for 'Incluir Estaciones Heurísticas'.
 - A 'Ver Mapa' button.
- Instrucciones de Uso:**
 - Text: 'Para cargar en el mapa una ruta desde un dispositivo GPS selecciona el fichero generado y pulsa el botón de Cargar Ruta.' Below this is a 'Cargar Ruta' button.
 - Text: 'Seleccionar archivo No se h...archivo'.
 - A checkbox for '¿Usar perfil personalizado?'.
- Información de Datos:**
 - Text: 'El mapa mostrado corresponde al contaminante **Mónoxido de Nitrogeno** para la fecha de **22-04-2010** a las **09:00** horas.' (The map shows a red/orange color scale indicating high pollution levels in the city center).
 - Text: 'Se han cargado datos desde **80** estaciones de medición, de las cuales hay **58** de Madrid capital.'
 - Text: 'Descarga el mapa para su dispositivo móvil desde [aquí](#). También está disponible en alta definición [aquí](#). Si experimenta algún problema con la descarga pulse botón derecho sobre el enlace y Guardar como.'

The map itself shows the city of Madrid with various roads and areas color-coded by pollution level. A legend at the top left of the map area includes: 'Mapa', 'Satélite', 'Híbrido', 'Relieve', 'Estaciones Madrid-Barajas', 'Capa de Contaminación', and 'Mapa'. The map is credited to 'POLEO BY Google'.

Ilustración 50. Captura de la interfaz de un mapa de contaminación con pseudoestaciones.

Activando el botón de la capa de estaciones podemos ver las medidas utilizadas para la elaboración del mapa. Como ya se explicó, si alguna estación no tuviera medidas para ese contaminante, día y hora, se utilizaría la medición de la semana anterior. Si tampoco existiese esa medida, la estación quedaría excluida del proceso.

El color diferenciado de las estaciones corresponde a la naturaleza de las mismas. Si fuera de color verde, la estación contiene una medida para la hora, fecha y contaminantes requeridos. En el caso de una de color roja, estaría utilizando una medida de la semana anterior del histórico. Las estaciones azules son las pseudoestaciones con mediciones de la base de datos obtenidas mediante la recolección durante 3 días desde el 22 de Abril hasta el 25 de Abril del 2010.

La *Ilustración 51* permite ver un ejemplo.

**Control de Mapas de Contaminación y Rutas
ContaMaps**

Selecciona una hora y fecha para ver la capa de contaminación generada por un contaminante concreto sobre el mapa de Madrid.

09:00 ▼ 22-04-2010

Mónóxido de Nitrógeno (NO)

Incluir Estaciones Heurísticas.

Ver Mapa

Para cargar en el mapa una ruta desde un dispositivo GPS selecciona el fichero generado y pulsa el botón de **Cargar Ruta**.

Seleccionar archivo No se h...archivo

Cargar Ruta

¿Usar perfil personalizado?

El mapa mostrado corresponde al contaminante **Mónóxido de Nitrógeno** para la fecha de **22-04-2010** a las **09:00** horas.
Se han cargado datos desde **80** estaciones de medición, de las cuales hay **98** de Madrid capital.

Descargue el mapa para su dispositivo móvil desde [aquí](#)
También está disponible en alta definición [aquí](#)
Si experimenta algún problema con la descarga pulse botón derecho sobre el enlace y Guardar como.

Ilustración 51. Captura de la interfaz de las estaciones y pseud estaciones utilizadas en el mapa.

Para cada una de los marcadores de las estaciones utilizadas se puede consultar la información referente. Para ello sólo hay que pulsar sobre el marcador y aparecerá un mensaje con los datos.

En la *Ilustración 52* se muestra un mensaje para un mapa sin mucha contaminación a las 00:00 horas del día 22 de Abril del 2010 que contiene una estación con una medida sacada del histórico.

Dentro del mensaje de información de las estaciones se puede ver el nombre de la estación encabezando el mensaje. Además, contiene el identificador asignado a la estación, la dirección postal, el distrito, las coordenadas geográficas de su localización y el valor de la medida del contaminante utilizado, principalmente. También se pueden incluir datos sobre características específicas de la estación en el caso de utilizar medidas del histórico o de ser una pseudoestación.

The screenshot displays the ContaMaps web application interface. At the top, there are navigation tabs: 'ContaMaps', 'Servicios', 'Información', 'Ayuda', 'Contactáanos', and 'Ayuda'. The main content area is divided into two sections. The top section, titled 'Control de Mapas de Contaminación y Rutas ContaMaps', contains a form for selecting a station and date. The selected date is '22-04-2010' and the pollutant is 'Monóxido de Nitrogeno (NO)'. Below the form, there are instructions: 'Para cargar en el mapa una ruta desde un dispositivo GPS selecciona el fichero generado y pulsa el botón de Cargar Ruta.' and 'Seleccionar archivo No se h... archivo'. The bottom section, titled '¿Usar perfil personalizado?', contains a green box with the following text: 'El mapa mostrado corresponde al contaminante Monóxido de Nitrogeno para la fecha de 22-04-2010 a las 00:00 horas. Se han cargado datos desde 45 estaciones de medición, de las cuales hay 23 de Madrid capital. Descargue el mapa para su dispositivo móvil desde aquí. También está disponible en alta definición aquí. Si experimenta algún problema con la descarga pulse botón derecho sobre el enlace y Guarde como.' The background of the interface is a map of Madrid with various stations marked by green pins. A popup window is open over the station 'FERNANDEZ LADREDA', displaying its location, coordinates, and a measurement: 'Medida obtenida de Monóxido de Nitrogeno (NO): 10.77 µg/m3. La medida pertenece al día 15-04-2010 del mismo horario.' The map also shows a 'Capa de Contaminación' overlay and a 'Ruta' button.

Ilustración 52. Captura de la interfaz de un mensaje de información de una estación.

Un usuario puede cargar una ruta a través del envío del fichero de ruta con las coordenadas del trayecto seguido. El sistema hará un estudio de las características de la ruta, de la exposición al contaminante elegido y del peligro global existente de los agentes contaminantes.

La *Ilustración 53* muestra la carga de una ruta de ejemplo. Naturalmente las rutas contendrán tramos pequeños que corresponderán exactamente al recorrido hecho en 15-20 segundos por el usuario. No obstante, en la imagen se magnifican estos tramos para poder diferenciar las características de visualización.

El mapa de la imagen se muestra en superposición con el mapa de contaminación, aunque este aspecto se puede modificar a través de los botones de capas.

Los colores de los tramos representan el grado de peligro máximo para la salud proveniente de los contaminantes considerados. Desde el azul que informa de que no hay peligro, pasando por el verde, naranja, rojo y hasta el negro que es el grado de mayor daño para la salud, tal como se detalló en el apartado *5.3.3 Valoración del Riesgo para la Salud*.

ContaMaps

Selección una hora y fecha para ver la capa de contaminación generada por un contaminante concreto sobre el mapa de Madrid.

08:00 ▼ 22-04-2010

Mónóxido de Nitrogeno (NO) ▼

Incluir Estaciones Heurísticas.

Para cargar en el mapa una ruta desde un dispositivo GPS selecciona el fichero generado y pulsa el botón de **Cargar Ruta**.

Seleccionar archivo: fichero_...25.xml

¿Usar perfil personalizado?

La ruta está compuesta por 7 puntos.
La distancia total de la ruta es de 34.230 km.
El factor de exposición al contaminante **Mónóxido de Nitrogeno** es de 86.45 µg/m3 por hora.

Gráfico de la exposición durante la ruta [aquí](#)
Gráfico de la evolución durante el día [aquí](#)
Gráfico de la evolución del horario durante la semana [aquí](#)

Descargue el mapa con la ruta para su dispositivo móvil [aquí](#)
También disponible en alta definición desde [aquí](#)

El mapa mostrado corresponde al contaminante **Mónóxido de Nitrogeno** para la fecha de 22-04-2010 a las 08:00 horas.

Se han cargado datos desde 45 estaciones de medición, de las cuales hay 23 de Madrid capital.

Descargue el mapa para su dispositivo móvil desde [aquí](#)
También está disponible en alta definición [aquí](#)
Si experimenta algún problema con la descarga pulse botón derecho sobre el enlace y Guarde como.

Ilustración 53. Captura de la interfaz del mapa de ruta con perfil por defecto.

Cabe destacar el mensaje de información asociado a la ruta cargada. En la siguiente ilustración podemos ver tiene los datos sobre el número de puntos que componen la ruta, la distancia total recorrida y el factor de exposición medio a la hora para el contaminante. También se pone a disposición del usuario los gráficos analíticos sobre la exposición al contaminante a lo largo de la ruta y la evolución de la exposición total de la ruta a lo largo del día y de la semana. Estos gráficos se verán más adelante en este apartado.

Finalmente, se permite la descarga del mapa de ruta en diferentes resoluciones, tal como se aprecia en la *Ilustración 54*.

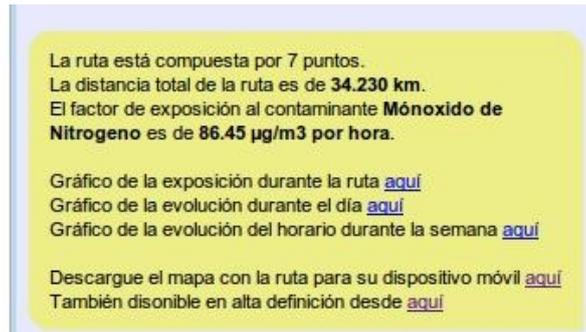


Ilustración 54. Captura de la interfaz del mensaje de información de la ruta cargada.

Los cálculos realizados tienen en cuenta los aspectos del usuario concreto si así se determina mediante la activación de la casilla para utilizar un perfil personalizado. En el caso de que así se haga, aparecería el siguiente formulario. Si no, se utilizaría un perfil estándar de una persona de edad media, de unos 70 kg. de peso, sin realizar esfuerzo físico durante el trayecto y totalmente sana.

Ilustración 55. Captura de la interfaz del formulario de perfil personalizado.

En él se pueden definir la condición de género, edad, peso corporal, nivel de intensidad del ejercicio llevado a cabo en el transcurso de la ruta y otras sensibilidades o afecciones respiratorias. Estos factores entran en juego en la estimación del peligro para la salud del usuario.

En las siguientes ilustraciones se puede apreciar cómo modificando estos parámetros varía el color de peligro de la ruta. Esta variación no es uniforme porque los parámetros afectan a la valoración de peligrosidad en condiciones y contaminantes concretos.

Selecciona una hora y fecha para ver la capa de contaminación generada por un contaminante concreto sobre el mapa de Madrid.

08:00 ▼ | 22-04-2010 | Monóxido de Nitrogeno (NO) ▼ | Incluir Estaciones Heurísticas. | Ver Mapa

Para cargar en el mapa una ruta desde un dispositivo GPS selecciona el fichero generado y pulsa el botón de **Cargar Ruta**.

Seleccionar archivo: fichero_...-25.xml | Cargar Ruta

Usar perfil personalizado

Género Hombre Mujer
 Edad hasta 18 ▼ años
 Peso corporal entre 60 y 80 ▼ kg.
 Nivel de intensidad del ejercicio | Baja ▼
 Sensibilidad

Problemas respiratorios
 Asmático
 Bronquitis
 Enfermedades cardiacas

La ruta está compuesta por 7 puntos.
 La distancia total de la ruta es de **34,230 km**.
 El factor de exposición al contaminante **Monóxido de Nitrogeno** es de **86.45 µg/m3** por hora.

Gráfico de la exposición durante la ruta [aquí](#)
 Gráfico de la evolución durante el día [aquí](#)
 Gráfico de la evolución del horario durante la semana [aquí](#)

Descargue el mapa con la ruta para su dispositivo móvil [aquí](#)
 También disponible en alta definición desde [aquí](#)

Ilustración 56. Captura de la interfaz de un mapa de ruta con perfil personalizado (1/2).

En el mapa varía el peligro del primer tramo aumentando un nivel por la definición del perfil de una persona muy joven con problemas respiratorios. En este mapa se han desactivado las capas de contaminación.

En el siguiente mapa se establece un perfil de una persona muy joven con peso medio en un nivel de intensidad de ejercicio medio y con problemas respiratorios agudos relacionados con el asma. El resultado es el aumento de nivel de peligro en cuatro de los seis tramos, considerando el último de ellos como muy perjudicial y los primeros como insalubres. Ello se puede explicar viendo las zonas afectadas de la geografía en el mapa de contaminación de la *Ilustración 57*.

The image shows a screenshot of a web-based route planning application. The top portion is a map of Madrid and its surrounding areas, including Leganés, Pozuelo de Alarcón, and Alcorcón. A route is highlighted in red and orange, starting from the center of Madrid and heading towards the south. The map includes various landmarks, roads, and green spaces.

Below the map is a control panel with the following elements:

- Time and Date:** A dropdown menu showing "08:00" and a date field showing "22-04-2010".
- Contaminant:** A dropdown menu showing "Monóxido de Nitrogeno (NO)".
- Options:** A checkbox labeled "Incluir Estaciones Heurísticas." and a button labeled "Ver Mapa".
- Instructions:** Text stating "Para cargar en el mapa una ruta desde un dispositivo GPS selecciona el fichero generado y pulsa el botón de Cargar Ruta." followed by a "Cargar Ruta" button.
- Profile Selection:** A dropdown menu showing "Seleccionar archivo fichero...-25.xml" and a "Cargar Ruta" button.
- Personalized Profile:** A section titled "Usar perfil personalizado" with a checked checkbox. It includes:
 - Gender: Radio buttons for "Hombre" (selected) and "Mujer".
 - Age: A dropdown menu showing "hasta 18" and "años".
 - Weight: A dropdown menu showing "entre 60 y 80" and "kg".
 - Intensity: A dropdown menu showing "Media".
 - Sensitivity: A section with checkboxes for "Problemas respiratorios", "Asmático" (checked), "Bronquitis", and "Enfermedades cardíacas".
- Summary:** A yellow box containing:
 - "La ruta está compuesta por 7 puntos." and "La distancia total de la ruta es de 34.230 km."
 - "El factor de exposición al contaminante **Monóxido de Nitrogeno** es de **86.45 µg/m³ por hora**."
 - Links for "Gráfico de la exposición durante la ruta aquí", "Gráfico de la evolución durante el día aquí", and "Gráfico de la evolución del horario durante la semana aquí".
 - Text: "Descargue el mapa con la ruta para su dispositivo móvil aquí" and "También disponible en alta definición desde aquí".
- Footer:** A green box containing: "El mapa mostrado corresponde al contaminante **Monóxido de Nitrogeno** para la fecha de **22-04-2010** a las **08:00** horas."

Ilustración 57. Captura de la interfaz de un mapa de ruta con perfil personalizado (2/2).

Las ilustraciones siguientes se refieren a los gráficos elaborados en representación de los datos de contaminación. La primera de ellas recoge la exposición al contaminante Monóxido de Nitrógeno a las 8:00 am a lo largo de una ruta cargada mediante un fichero de ruta. Los colores asociados a cada tramo simbolizan el nivel de peligro calculado para la salud según lo establecido en el apartado 5.3.3 *Valoración del Riesgo para la Salud*.

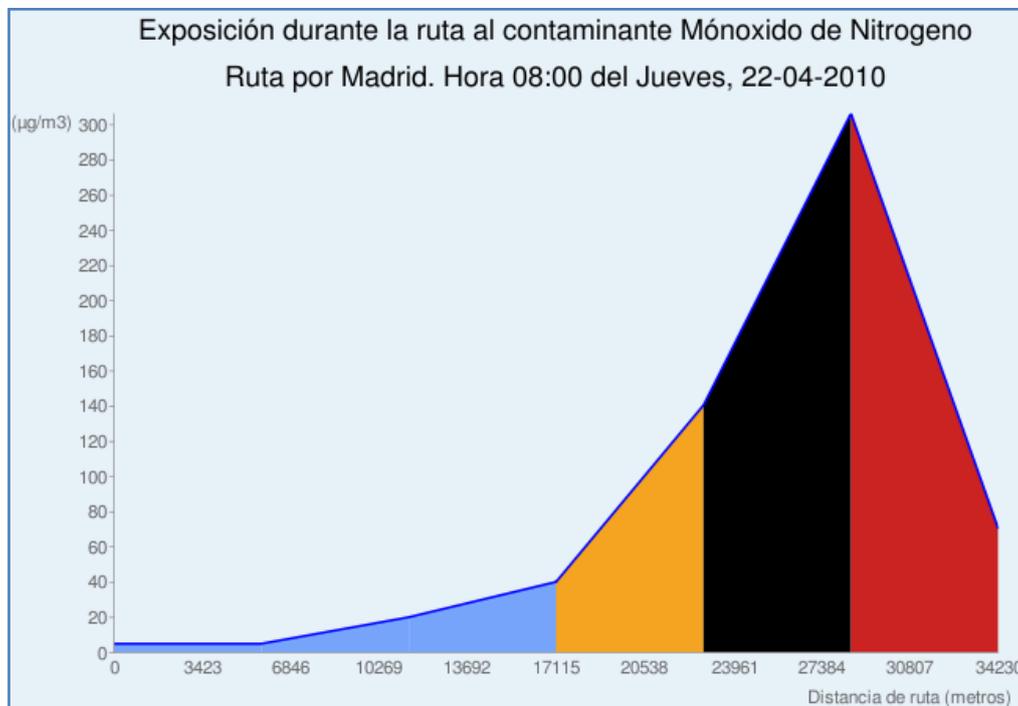


Ilustración 58. Captura de la interfaz del gráfico de exposición a lo largo de la ruta.

Es necesario indicar que los colores no se corresponden con los visualizados en los tramos del mapa ya que éstos últimos representan los niveles más altos de peligro de todos los contaminantes considerados, mientras que el gráfico únicamente lo hace del contaminante elegido.

El siguiente gráfico de la *Ilustración 59* muestra la evolución de exposición media de la ruta a lo largo de los horarios del día indicado. Es decir, recoge las exposiciones de la ruta si se hubiera llevado a cabo en cada uno de los horarios del día.

El horario destacado con una franja de distinto color refleja el horario real en la que hemos realizado la ruta.

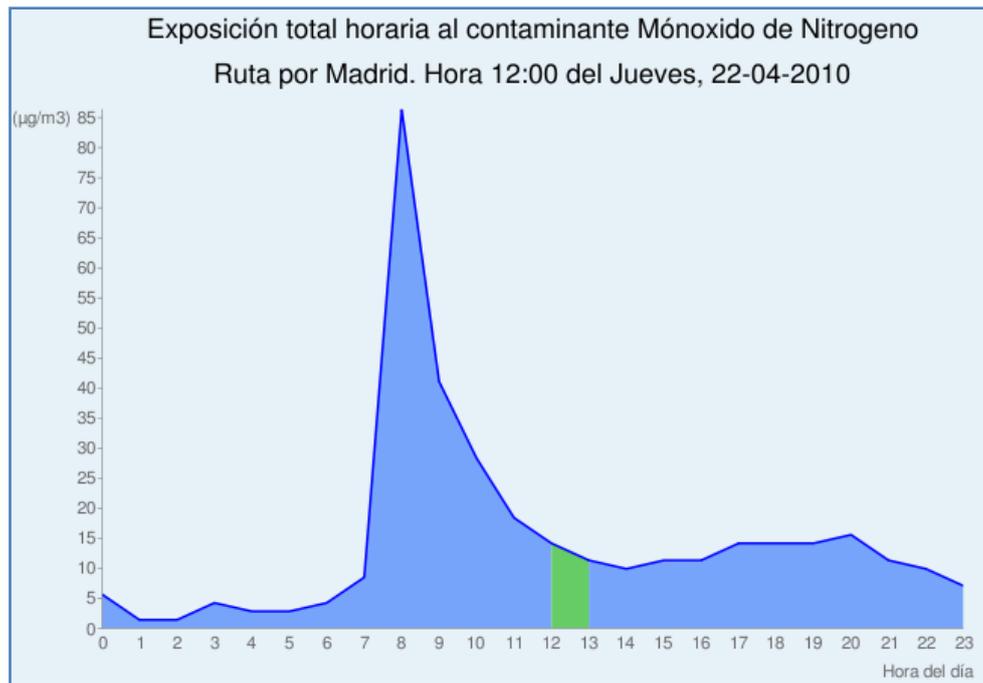


Ilustración 59. Captura de la interfaz del gráfico de evolución de la exposición a lo largo del día.

El último de los gráficos de la *Ilustración 60* constituye la evolución de la exposición media de la ruta a lo largo de la semana natural para el mismo horario, como el resumen de la ruta para los casos de otros días de la semana en la que se realizó. La franja diferenciada identifica el día real en el que se llevó a cabo la ruta.

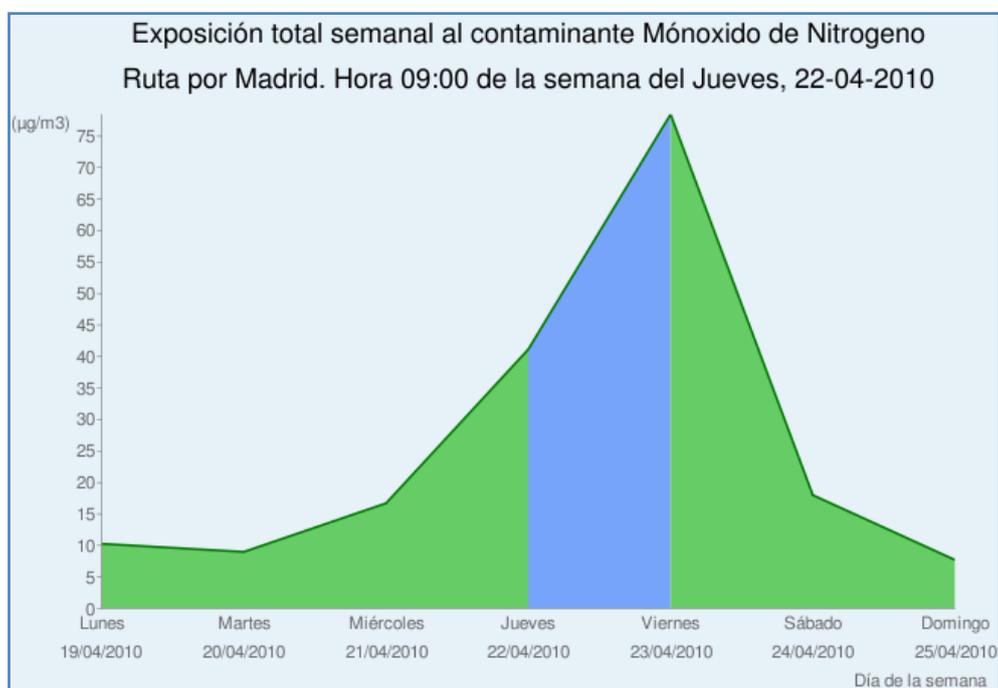


Ilustración 60. Captura de la interfaz del gráfico de evolución de la exposición a lo largo de la semana.

6.1.2 Interfaz del dispositivo móvil

Las imágenes de la interfaz que se verá a continuación corresponde al emulador de dispositivos móviles del que dispone la plataforma Microsoft .NET con compatibilidad garantizada con Windows Mobile 5.0. No obstante, también se han llevado a cabo las correspondientes pruebas de forma limitada en un dispositivo móvil real compatible, pero sin poder ofrecer capturas del funcionamiento dadas las características del mismo y a su disponibilidad.

En la primera imagen vemos la pantalla inicial del programa de visor de mapas de dispositivos móviles. Se pueden apreciar controles para el aumento o disminución del zoom, así como el desplazamiento por el mapa a través de teclas o arrastrando el puntero en dispositivos táctiles. Además, hay un menú que permite acceder a otras opciones y que se verá más adelante. El zoom está configurado inicialmente para alcanzar la máxima área visible del mapa.



Ilustración 61. Captura de la interfaz inicial del dispositivo móvil.

En la *Ilustración 62* podemos ver cómo se ha cargado en el sistema un mapa de contaminación. Los controles del visor permiten modificar de la misma forma el área mostrado. En este caso, se ha optado por hacer una captura del visor en un caso de posicionamiento horizontal del dispositivo.



Ilustración 62. Captura de la interfaz móvil de un mapa de contaminación.

En la última de las ilustraciones se muestra un mapa de ruta al que se le ha modificado el zoom para ampliar la vista y que muestra a la vez las opciones del menú disponible. Entre la funcionalidad accesible está la de activar el GPS para mostrar la localización del usuario en el mapa, la activación del registro de la ruta seguida, el centrado de la visualización del mapa a la posición del usuario, la opción de explorar el sistema de archivos del dispositivo para cambiar de mapa, el mostrar un mensaje con información del estado del sistema y del GPS y la última para salir del programa.



Ilustración 63. Captura de la interfaz móvil de un mapa de ruta.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

7.1 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Con la realización de este proyecto hemos conseguido desarrollar una herramienta de análisis sobre históricos de la presencia de los diferentes agentes contaminantes y otros efectos atmosféricos en la ciudad de Madrid. Accesible desde un sencillo servicio web o mediante una pequeña aplicación para dispositivos móviles, podemos determinar la localización de las zonas más saludables para recorrer la ciudad.

Además, se pueden destacar las siguientes aportaciones:

- Se ha conseguido la integración del sistema junto con uno de los servicios gratuitos de localización mediante mapas más potentes e intuitivos disponibles en la actualidad como es Google Maps [10]. Esto permite visualizar los mapas del sistema en superposición a los mapas de callejeros o de satélite y beneficiarse de toda la funcionalidad de Google Maps [10].
- Se muestran mapas de contaminación en representación de las concentraciones de los agentes contaminantes u otros efectos atmosféricos en tiempo real o desde un histórico. Además, se pueden consultar los datos exactos y detallados recogidos por las estaciones de medición de la Red de Vigilancia de Calidad del Aire [21] (RVCA) de la ciudad de Madrid y la Comunidad de Madrid. No obstante, no se sobrecarga al usuario gracias a la facilidad para mostrar y ocultar la información con sencillos controles de mapa.
- Se lleva a cabo una predicción de la concentración de los contaminantes para aquellos casos de los que no se disponga información utilizando mediciones del mismo horario de la semana anterior.
- Mediante ficheros con las coordenadas Gps de la ruta, el usuario puede comprobar la exposición sufrida a los contaminantes e informarse del nivel de peligrosidad para su salud de cada uno de los tramos del trayecto.
- El usuario de un dispositivo móvil con Windows Mobile 5.0 [19] o superior podrá ver y navegar por los mapas del sistema en su dispositivo sin necesidad de conexión a internet. En el caso de que disponga de un dispositivo Gps podrá también conocer su localización en los mapas y guardar un fichero de ruta con las coordenadas del trayecto.
- Se realiza un análisis de la información de los niveles de exposición y de peligrosidad a los contaminantes obteniendo como producto diversos gráficos mediante Google Chart Tools [24] que representen la exposición y peligrosidad a lo largo del trayecto realizado, el factor de exposición del trayecto en los diferentes horarios del día en el que se llevó a cabo y el factor de exposición del trayecto en el mismo horario en los diferentes días de la semana.
- Permite la descarga los mapas de contaminación o de ruta generados por el sistema en formato portable, ligero y en diferentes resoluciones para su visualización posterior.

- Los datos del sistema sobre las estaciones y sus mediciones se actualizan en tiempo real y directamente desde los servicios web instalados por la Comunidad de Madrid. Además, dinámicamente se pueden definir pseudoestaciones, derivadas de procesos analíticos o heurísticos, que simulen una nueva estación situada en coordenadas determinadas del mapa y que reflejen la información prefijada u obtenida desde otra estación existente. Estas pseudoestaciones pueden incluirse de forma opcional en los procesos de elaboración de mapas de contaminación y de rutas, así como en los análisis hechos al respecto.

- Se permite la incorporación de nuevas fuentes de información de mediciones y estaciones de forma dinámica y la inclusión de nuevos contaminantes, efectos atmosféricos o cualquier otro tipo de factor para su análisis inmediato a través de los servicios del sistema.

- Se hace acopio de la robustez, fiabilidad y potencial de diversos sistemas externos que se utilizan para ofrecer la funcionalidad: Google Maps [10], como ya se ha mencionado, para la visualización de los mapas, Google Chart Tools [24] para la elaboración de gráficos, la librería CGAL [18] para cálculos matemáticos complejos, GeomView [22] para la representación gráfica de la información y GIMP [23] para la adaptación de las imágenes de los mapas. Toda esta complejidad añadida para la comunicación entre tanta diversidad de sistemas es el precio a pagar de una herramienta con grandes posibilidades de futuro.

Finalmente, se considera el éxito del proyecto gracias a la evaluación satisfactoria del logro de los objetivos planteados para el mismo. A continuación se describe la labor emprendida en cada uno de ellos.

- Se ha conseguido **mejorar la salud y la calidad de vida de los ciudadanos de Madrid** a través de este sistema que permite detectar y evitar las zonas urbanas con mayores riesgos para la salud.
- Con el sistema de visualización de la solución que integra los servicios de Google Maps y los gráficos con el resumen de los datos más importantes, se logra **informar gráficamente mediante mapas de los niveles existentes de los agentes contaminantes** a lo largo de la zona metropolitana de Madrid.
- Además, la posibilidad de establecer perfiles personalizados permite de forma más precisa estimar e **informar del peligro inherente de la contaminación, especialmente proveniente de los grupos con ciertas sensibilidades** como niños o personas con alguna afección respiratoria.
- Para apreciar la valoración global y comparativa de la presencia y peligro de la contaminación, se **elaboran gráficos informativos del análisis de los datos recogidos** en las estaciones de medición de los agentes contaminantes para una ruta establecida. Estos gráficos abarcan diferentes perspectivas y alcances de influencia, pudiendo mostrar los datos cuantitativos y comparativos referentes al mismo día de realización, en la semana natural o a lo largo del trayecto.
- También se lleva a cabo un estudio para cada contaminante y se evalúa el factor de riesgo inherente a una ruta tomada por el ciudadano, informando se forma sencilla

mediante rangos de colores del peligro existente para su salud. De esta forma, **cada ciudadano se beneficia de un estudio específico de la exposición a la contaminación para trayectos** concretos por la zona metropolitana de Madrid.

- Mediante la aplicación del subsistema de *Cliente Móvil*, **el usuario puede visualizar los mapas de contaminación y de ruta descargados mediante su dispositivo móvil** en cualquier lugar y momento, permitiendo acceder de forma incondicionada a esta funcionalidad para evitar la contaminación existente en determinado horario y zona de la ciudad o para seguir una ruta preestablecida en el mapa gracias a la localización en tiempo real del dispositivo GPS del móvil.

7.2 TRABAJOS FUTUROS

El producto final del proyecto tiene una naturaleza analítica. Esto se debe a que el objetivo principal del sistema es informar de los datos recogidos en la RVCA y de estudios realizados sobre éstos. Principalmente se refieren a la representación de las concentraciones de los contaminantes, de la peligrosidad en las rutas hechas por Madrid y toda la información relacionada. Es un primer paso importante y que requiere un gran esfuerzo inicial.

No obstante, en una primera aproximación futura, se podría pensar en aportar cierta funcionalidad con carácter de heurístico como proponer rutas alternativas. El sistema podría identificar los tramos de las rutas con mayores riesgos para la salud y plantear otros con mejores índices.

Además, se podría incluir en el estudio de rutas la posibilidad de definirse los tramos de la misma por el usuario a través de la interfaz de visualización de mapas, y no mediante un fichero de coordenadas de ruta.

También se podría ampliar el alcance de los factores e incluir cualquier tipo que pudiera interesar representarse por los mapas. Esta es una funcionalidad que ya se considera en el diseño del sistema, permitiendo añadir nuevos factores, y que podría enfocar la utilidad del sistema hacia campos muy amplios y heterogéneos.

CAPÍTULO 8. PRESUPUESTO

Este presupuesto del proyecto recoge todos los gastos desglosados que se estima acarreará el desarrollo del proyecto y la consecución del producto. Al ser una estimación, el precio real puede no ajustarse al aquí indicado. Además, dado que el presupuesto se elabora previamente a la realización del proyecto, está limitado a considerar únicamente el desarrollo, sin conocer el coste que conllevará la adopción e implantación final de la solución del proyecto.

8.1 Personal

El tiempo de trabajo en el proyecto induce un coste debido al personal empleado. Dadas las pequeñas características del proyecto, los recursos de trabajo son muy limitados. Éstos están identificados junto con su responsabilidad y asignación en la tabla siguiente.

Nombre	Cargo	Asignación
David Expósito Singh	Director del proyecto	112€/hora
María Cristina Marinescu	Codirectora del proyecto	112€/hora
Fernando Beraza Meiro	Analista, diseñador, programador y tester del proyecto	45€/hora

Tabla 119. Recursos de personal del proyecto.

Para calcular el coste es necesario tomar el tiempo de trabajo del personal y aplicarle el coste hora indicado en la anterior tabla. El coste temporal de las diferentes actividades del proyecto exige ser desempeñado por distintos roles con sus respectivas atribuciones. No obstante, puesto que únicamente se dispone de un empleado, deberá llevar a cabo todas las horas de trabajo necesarias de las actividades con un salario unificado.

Dado que en la planificación se estiman 850 horas de trabajo, y se considera que los roles de Director y Codirector realizan un 5% de tiempo añadido al total del tiempo del proyecto, el coste total de personal queda reflejado en la siguiente tabla.

Recurso	Asignación	Tiempo	Coste
David Expósito Singh	112€/hora	42,5 horas (5% del total)	4.760 €
María Cristina Marinescu	112€/hora	42,5 horas (5% del total)	4.760 €
Fernando Beraza Meiro	45€/hora	850 horas	38.250€
Total Coste Personal			47.770€

Tabla 120. Coste de Personal del proyecto.

8.2 Hardware

El coste asociado al hardware se deriva de la adquisición o alquiler de aquellos componentes electrónicos necesarios para el desarrollo del proyecto.

En este proyecto, según los recursos disponibles y asignables de trabajo, sólo se necesitará un computador completamente equipado para el uso por un empleado. Las características de este computador deben ser de gama media, ya que no se prevén grandes exigencias en el desarrollo.

No se incluyen otros componentes hardware en el presupuesto como routers, dispositivos de almacenamiento redundante, firewalls o sistemas de alimentación ininterrumpida. El motivo es abaratar costes y que la pequeña dimensión del proyecto lo hace innecesario.

Puesto que el proyecto tiene una duración de 6 meses, y considerando el tiempo de amortización de un ordenador de 3 años, sólo se costeará la parte proporcional asignada al proyecto del computador.

La tabla siguiente desglosa el coste del computador.

Hardware	Precio	Unidades	Coste
Placa Base Asus P5B Plus	122 €	1	122 €
Procesador Intel Core 2 Duo 6420 2,8GHz	84 €	1	84 €
Mem. RAM Kingstone DDR II 1 GB 800 MHz	31 €	2	62 €
Fuente de alimentación Tacens Radix III 450 W	70 €	1	70 €
Disco Duro Seagate SATA II 500 GB	78 €	1	78 €
Tarjeta Gráfica Nvidia GeForce 8600 GT	85 €	1	85 €
Tarjeta de red Conceptronic 10/100/1000	12 €	1	12 €
Monitor Samsung 23" XL2370 LED	293 €	1	293 €
Teclado Labtec básico	8 €	1	8 €
Ratón óptico Conceptronic	6 €	1	6 €
Coste Componentes Hardware			820 €
Total Coste Hardware (6 meses de proyecto)			136,66 €

Tabla 121. Coste Hardware del proyecto.

8.3 Software

El coste del software viene asociado a la compra de licencias de uso de los programas utilizados en el desarrollo del proyecto. Como el sistema operativo y el software con el que está familiarizado el equipo de proyecto sigue la iniciativa de *Software Libre* [35], no se prevé que incurra en ningún coste económico.

Recurso	Coste
Sistema Operativo Ubuntu 9.10 Server Edition	0 €
Paquete ofimático Open Office	0 €
IDE Multiplataforma Eclipse	0 €
Total Coste Software	0 €

Tabla 122. Coste Software del proyecto.

8.4 Otros gastos

Durante el desarrollo del proyecto pueden aparecer gastos debidos a la comunicación entre los miembros del equipo o derivados de la actividad del mismo desarrollo durante los 6 meses de duración. Todos estos gastos quedan recogidos en la siguiente tabla.

Recurso	Precio	Cantidad	Coste
Mantenimiento línea telefónica	13 €/mes	6 meses	78 €
Contratación línea ADSL 10Mb	46 €/mes	6 meses	276 €
Contratación suministro eléctrico	62 €/mes	6 meses	372 €
Total Coste Otros			726 €

Tabla 123. Otros Costes del proyecto.

8.5 Presupuesto Final

El valor presupuestado final del coste del desarrollo del proyecto SIN IVA es de **sesenta y nueve mil quinientos cuarenta y cuatro euros con sesenta y nueve céntimos de euro** y CON IVA es de **ochenta mil seiscientos setenta y un euro con ochenta y cuatro céntimos de euro**.

El desglose de los costes asociados queda reflejado en la siguiente tabla.

Concepto	Coste Total
Personal	47.770 €
Hardware	136,66 €
Software	0 €
Otros	726 €
TOTAL SIN GASTOS INDIRECTOS	48.632,66 €
Gastos Indirectos del 10%	4.863,26 €
TOTAL CON GASTOS INDIRECTOS	53.495,92 €
Beneficio del 20 %	10.699,18 €
Riesgos 10 %	5.349,59 €
TOTAL SIN IVA	69.544,69 €
TOTAL CON IVA 16%	80.671,84 €

Tabla 124. Desglose de costes totales del proyecto.

Al total de gastos se añade un 10% de gastos indirectos asociados a tareas de mantenimiento, explotación, reparaciones y control de calidad del equipo utilizado y del producto final. Respecto a éste, se añade un porcentaje del 20% al coste total correspondiente al beneficio del servicio prestado en el desarrollo del proyecto, y un 10% de factor de riesgos ante la incertidumbre implícita por no considerarlo de alta importancia.

CAPÍTULO 9. GLOSARIO

9.1 ACRÓNIMOS Y DEFINICIONES

Debido a la utilización de algunos tecnicismos y abreviaturas en el documento, exponemos a continuación una serie de definiciones y acrónimos a con fines explicativos.

9.1.1 Acrónimos

A lo largo del documento pueden aparecer algunas abreviaturas de carácter técnico, puesto que este documento está dirigido a personal que puede no conocer dichas abreviaturas, a continuación se exponen las más relevantes.

- **AJAX.** *Asynchronous JavaScript And XML* [30].
- **API.** Interfaz de programación de aplicaciones (*Application Programming Interface*).
- **CGAL.** *Computational Geometry Algorithms Library* [18].
- **CGI.** Interfaz común de entrada (*Common Gateway Interface*). Es el estándar de interfaces de los servidores de información con aplicaciones externas.
- **DTD.** *Document Type Definition*. Documento de descripción de la estructura y sintaxis de documentos XML.
- **GCL.** *GeomView* [22] *Command Line*.
- **GIMP.** *GNU Image Manipulation Program* [23].
- **GPS.** Sistema de Posicionamiento Global (*Global Positioning System*).
- **HTTP.** Protocolo de transferencia de hipertexto (*HyperText Transfer Protocol*). Protocolo que define la sintaxis y la semántica de la comunicación web entre entidades.
- **JAI.** *Java Advanced Imaging* [9].
- **JEE.** *Java Enterprise Edition* [8].
- **JSP.** *Java Server Pages*. Tecnología Java para la generación dinámica de contenido en HTML, XML o de otro tipo.
- **LTS.** *Long Term Support*. Soporte mantenido por Ubuntu durante 3 años para versiones de escritorio y 5 años para versiones servidoras.
- **NMEA.** *National Marine Electronics Association*. Especificación combinada eléctrica y de datos entre aparatos electrónicos marinos y GPS.
- **OGC.** *Open GIS Consortium* [17].
- **RVCA.** Red de Vigilancia de la Calidad del Aire [21].
- **SGBD.** Sistema Gestor de Bases de Datos. Tipo de software encargado de servir de interfaz transparente a los usuarios de los sistemas de almacenamiento.
- **SIGPAC.** Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas [15].
- **TCP.** *Transport Control Protocol* [26].

- XML. *Extensible Markup Language*.
- WMS. Web Map Service [16].

9.2 REFERENCIAS

1. MÉTRICA Versión 3. Metodología desarrollada por el Ministerio de Administraciones Públicas del Gobierno de España. Información y descarga desde la página oficial.

www.csaemap.es/csi/metrica3

2. Proceso Unificado de Desarrollo del Software. *Jacobson, Ivar; Booch, Grady; Rumbaugh, James*. El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. *Pearson Addison-Wesley*. Año 2000.

3. *Ubuntu Server Edition*. Documentación y descarga de las ediciones del sistema operativo Ubuntu Server.

<http://www.ubuntu.com/products/whatIsubuntu/serveredition>

4. Distribución Debian del sistema operativo GNU/Linux. Información sobre distribuciones y descarga del sistema operativo.

<http://www.debian.org>

5. Contenedor de servlets Apache Tomcat. Documentación y descarga desde la página oficial.

<http://tomcat.apache.org>

6. PostgreSQL. Sistema Gestor de Base de Datos libre y de código abierto. Página oficial.

<http://www.mysql.com>

7. Controlador JDBC. Controlador oficial JDBC de Java para MySQL. Enlace a la documentación online y descarga.

<http://dev.mysql.com/downloads/connector/j/5.1.html>

8. *Java Enterprise Edition (JEE)*. Tecnología para el desarrollo de todo tipo de soluciones con Java. Información y descarga del sitio oficial.

<http://java.sun.com/javaee/technologies/javaee5.jsp>

9. *Java Advanced Imaging (JAI)*. Conjunto de interfaces de alto nivel de Java para de tratamiento de gráficos, procesamiento de imágenes y otros tipos multimedia.

<http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/media/>

10. Google Maps. Servicio gratuito de Google para la localización de entidades de diversa naturaleza a través de mapas de calles, de imágenes de satélites o de relieve. La página oficial.

<http://maps.google.es/>

11. Google Maps API. Interfaz de programación de aplicaciones (*Application Programming Interface*) de Google Maps para la integración de mapas interactivos hacia usuarios. Toda la documentación, ejemplos y otra información relacionada en su página oficial.

<http://code.google.com/intl/es-ES/apis/maps/index.html>

12. JavaScript. Lenguaje de Scripting orientado a objetos utilizado principalmente en navegadores web para la visualización y la interacción con las páginas web. Enlace a la definición de Wikipedia.

<http://es.wikipedia.org/wiki/JavaScript>

13. Google Maps API v3. Versión 3 de la interfaz de programación de Google Maps preparada además para su utilización con dispositivos móviles. Toda la documentación, ejemplos y otra información en su página oficial en inglés.

<http://code.google.com/intl/es/apis/maps/documentation/v3/>

14. Apache HTTP Server 2.2. Servidor Apache compatible con el protocolo HTTP y con capacidad de ejecución de CGIs. Enlace a la página oficial en inglés del proyecto.

<http://httpd.apache.org/>

15. SIGPAC. Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas. Enlace a la web del *Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino*.

<http://www.mapa.es/es/sig/pags/sigpac/intro.htm>

16. *Web Map Service* (WMS). Definición y referencias.

http://es.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Service

17. *Open Geospatial Consortium*. Información y especificaciones de protocolos en la página del *Open Geospatial Consortium*.

<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

18. CGAL. *Computational Geometry Algorithms Library*. Librería en C++ de algoritmos geométricos de la iniciativa Open Source [20].

<http://www.cgal.org/>

19. Windows Mobile 5.0. Versión del prestigioso sistema operativo para dispositivos móviles. Información y descargas.

<http://www.microsoft.com/windowsmobile/es-es/default.mspx>

20. *Open Source*. Método de desarrollo software que promueve la transparencia, una mejor calidad, mayor fiabilidad, flexibilidad y menores costes de sus productos. Página oficial.

<http://www.opensource.org/>

21. Red de Vigilancia de la Calidad del Aire (RVCA). Es el sistema de detección de los niveles de inmisión de los principales contaminantes del Ayuntamiento de Madrid. Página oficial.

<http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/opencms/calair>

22. GeomView. Es un programa de visualización 3D interactiva para Unix que permite manipular objetos en tres dimensiones. Página oficial.

<http://www.geomview.org/>

23. GIMP. Es software libremente distribuido y conocido GNU Image Manipulation Program. Está disponible para numerosos sistemas operativos y se orienta al retoque de fotos, la composición de imágenes y la autoría de imágenes. Descarga, tutoriales e información.

<http://www.gimp.org/>

24. Google Chart Tools. Es una herramienta de elaboración de todo tipo de gráficos mediante una sencilla interfaz web. Enlace a la página oficial.

<http://code.google.com/intl/es-ES/apis/charttools/>

25. *AIRNow*. Sistema público de información de la calidad del aire y de los riesgos asociados a la contaminación presentes en Estados Unidos y en cualquier localización del mundo a partir de los niveles de las concentraciones de los contaminantes. Está desarrollado y mantenido por la *EPA (Environmental Protection Agency)*, *NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)*, *NPS (National Park Service)*, *NASA Earth Science* y otras agencias estatales y locales de Estados Unidos. Página oficial y más información.

<http://www.airnow.gov/>

26. TCP. *Transmission Control Protocol*. Uno de los protocolos de comunicación principales de internet. Garantiza que la comunicación se realizará sin errores y en el mismo orden que se emitió. Definición y características.

http://es.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol

27. Red de Control de la Calidad del Aire (RCCA). Es el sistema de seguimiento y vigilancia de los niveles de contaminación del Gobierno de la Comunidad de Madrid. Información y acceso a los datos de contaminación.

<http://gestiona.madrid.org/aireinternet>

28. Mozilla Firefox. Navegador web gratuito disponible para varios sistemas operativos. Información y descarga.

<http://www.mozilla-europe.org/es/firefox/>

29. Google Chrome. Navegador web gratuito disponible para varios sistemas operativos. Información y descarga.

<http://www.google.es/chrome>

30. AJAX. *Asynchronous JavaScript And XML*. Técnica de desarrollo web para crear aplicaciones interactivas de forma asíncrona a la operación del usuario mediante peticiones web en XML elaboradas en segundo plano desde el cliente. Más información y referencias en el enlace.

<http://es.wikipedia.org/wiki/AJAX>

31. *Natural Neighbor Coordinates*. Es el método de interpolación general más robusta hasta la fecha que produce resultados a través de los cálculos de los valores de las funciones para cada subconjunto de puntos que son vecinos de coordenadas de otro dado. Más información en *Vic Barnett*, editor, *Interpreting Multivariate Data*, páginas 21-36. *John Wiley & Sons, Chichester, 1981*.

32. Diagrama de Voronoi. Es un tipo de descomposición del espacio métrico determinado por las distancias de un grupo discreto de objetos en el espacio, como por ejemplo un grupo de puntos. Más información y ejemplos en el siguiente enlace.

http://en.wikipedia.org/wiki/Voronoi_diagram

33. R. Sibson. Una breve descripción de la interpolación por vecinos naturales. En *Vic Barnett*, editor, *Interpreting Multivariate Data*, páginas 21-36. *John Wiley & Sons, Chichester, 1981*.

34. G. Farin. Superficies sobre celdas *Dirichlet*. *Comput. Aided Geom. Design*, 7:281-292, 1990

35. Software Libre. Free Software. Es una clase de derecho de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software. Definición e información en el enlace.

<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>

APÉNDICE A. MANUALES DE USUARIO

Una vez se emprende la construcción del sistema se debe valorar la elaboración de manuales de funcionamiento e instalación. Estos manuales serán utilizados por los distintos usuarios del sistema para afrontar los problemas que pudieran encontrarse en la interacción con el mismo, o para sacar el máximo rendimiento de su funcionalidad.

Para el caso del manual de funcionamiento, dado que la interfaz con las diferentes partes del sistema es muy sencilla e intuitiva, únicamente se procederá a incluir un breve manual del funcionamiento del sistema en el servicio web recogido por la página web del Servidor de Mapas.

Los manuales de de instalación y ejecución se recogen en los apartados siguientes.

A.1 Manual de instalación

Dentro del manual de instalación se podrían considerar la instalación de la parte servidora asociada al subsistema *Servidor de Mapas*, y a la aplicación cliente del dispositivo móvil compatible con *Windows Mobile 5.0* asociado al subsistema *Cliente Móvil*. Dado que para la aplicación del dispositivo móvil según el entorno de *Windows Mobile* se puede desarrollar un fichero ejecutable autoinstalable, no se incluirá un manual de instalación para este subsistema.

El manual de instalación referente al subsistema de *Servidor de Mapas* tiene cierta complejidad proveniente de los múltiples sistemas de soporte que utiliza el sistema solución para ofrecer toda su funcionalidad. No obstante, cada uno de estos sistemas de soporte externos contienen su propia documentación asociada, por lo que la extensión del manual de instalación no será demasiado extensa.

Además, es necesario tener en cuenta los requisitos establecidos en el entorno tecnológico del apartado *5.2 Especificación del Entorno Tecnológico*, por lo que sólo se identificará la tarea a llevar con estos sistemas. Para más información se debe consultar la documentación asociada a cada sistema de soporte.

Los pasos a seguir en la instalación desde cero del *Servidor de Mapas* son los siguientes:

1. Instalación del sistema operativo Ubuntu 10.04 LTS Server Edition [3].
2. Instalación de Java Enterprise Edition [8] versión 5.0.
3. Instalación de la librería CGAL [18] versión 3.3.
4. Instalación de la aplicación GeomView [22] versión 1.9.
5. Instalación del programa GIMP [23] versión 2.6.
6. Instalación del contenedor de servlets Apache Tomcat [5] versión 6.0.
7. Instalación del gestor de bases de datos PostgreSQL [6] versión 8.4.

8. Creación de la base de datos. Está disponible un fichero de creación de la estructura de la base de datos llamado `estructura_bbdd.sql` desde el directorio `base_datos`. Su ejecución desde el gestor de bases de datos elabora el conjunto de tablas, sus relaciones y restricciones mediante sentencias de texto plano con sintaxis SQL. Para obtener más información sobre cómo interpretar el fichero consulte la documentación del gestor de bases de datos PostgreSQL [6].
9. Compilación de los scripts de interfaz con la librería CGAL de la ruta `servidor/scripts_cgal`. Para ello, se puede ejecutar el script para la generación de ficheros de compilación tipo *CMakefile* disponible en la librería CGAL. Este script es el `cgal_create_cmake_script`. A partir de éste, se generará el fichero para la compilación mediante el programa CMake. Mediante su ejecución con destino el directorio continente, si las dependencias se satisfacen y se han instalado los prerequisites de CGAL, se generará las reglas *Make* de compilación para cada programa de usuario de CGAL. Una vez compilados, éstos deberán ponerse en el contenido web a disposición del Servidor de Mapas a través de la ruta `servidor/contenido_web/WEB-INF/script`. Para más información consultar la documentación asociada a CGAL [18].
10. Los scripts del programa GIMP contenidos en `servidor/scripts_gimp` no necesitan compilación, pero deben situarse en el directorio correspondiente del programa a partir de la carpeta personal del usuario, habitualmente `~/gimp2.6/scripts`. Para más información consultar la documentación asociada al programa.
11. A continuación se debe realizar la compilación del código fuente del servidor disponible en el directorio `servidor/codigo_fuente`. Para ello, es necesaria incluir con el comando propio *javac* la referencia a las librerías propias del entorno Java y a las contenidas en el directorio `servidor/contenido_web/WEB-INF/lib`. Las clases compiladas resultantes deberán situarse en el directorio `servidor/contenido_web/WEB-INF/classes`.
12. Finalmente, para desplegar el Servidor de Mapas en el contenedor de servlets Apache Tomcat [5] versión 6.0, se requiere situar el directorio correspondiente al contenido web del servidor en el directorio `webapps` de la raíz del sistema Apache Tomcat. Para más información consultar la documentación asociada al contenedor Apache Tomcat [5].

A.2 Manual de ejecución

El sistema contiene servicios que pueden y se recomienda que se ejecuten en paralelo para ofrecer toda la funcionalidad del sistema. Estos son principalmente los correspondientes al Servidor de Mapas, al Recolector de Mediciones y al Cliente Móvil. La iniciación de estos servicios es bastante sencilla, tal como se describe a continuación:

- **Servidor de Mapas:** una vez instalado y configurado el servidor según lo detallado en el apartado anterior, la iniciación del Servidor de Mapas se lleva a cabo mediante la ejecución del script `startup.sh` de comienzo del contenedor de servlets Apache Tomcat 6.0 situado en el

directorio `bin` de la raíz del contenedor. Desde entonces, el servicio web estará disponible en el puerto 8080 de la dirección IP a partir del nombre asignado al directorio del contenido web correspondiente según la configuración por defecto.

- **Recolector de Mediciones:** este servicio consulta de forma periódica el estado de las estaciones y sus mediciones, por lo que se recomienda su ejecución constante en segundo plano. Para ello, sólo se debe ejecutar mediante Java el método principal de la clase *html.Recolector*. Además, para su ejecución será necesario incluir en el classpath las librerías contenidas en el directorio `servidor/contenido_web/WEB-INF/lib`. Para más información consultar la documentación de Java [5].

- **Cliente Móvil:** según las especificaciones del sistema operativo *Windows Mobile*, su ejecución se puede iniciar mediante la sencilla interfaz gráfica, accediendo al directorio de instalación de la aplicación y pinchando sobre el fichero ejecutable, o mediante un acceso directo creado para tal fin.