



LIFE02 ENV/E/000274

INFORME TÉCNICO FINAL

30/09/2005

HERRAMIENTA AUTOMÁTICA DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Datos del Proyecto

Localización del proyecto:	España
Fecha inicio del proyecto:	01/07/2002
Fecha fin del proyecto:	30/06/2005
Duración total del proyecto:	36 meses
Coste total:	2.476.300 
Contribución UE:	808.145 
(%) del total de los costes:	32.6 %
(%) de los costes elegibles:	39.5 %

Datos del Beneficiario

Nombre del Beneficiario:	ENTE PÚBLICO PUERTOS DEL ESTADO
Persona de contacto:	Andrés Guerra Sierra
Dirección completa:	Avda. Partenón, 10 – E – 28042
Dirección del proyecto:	Avda. Partenón, 10 – E – 28042
Teléfono:	+34-91-5245500 +34-91-5245573
Fax:	+34-91-5245501 +34-91-5248804
E-mail:	andres@puertos.es
Website:	www.puertos.es

INDICE

Lista palabras clave y abreviaturas.....	7
Resumen.....	9
Summary	10
Résumé	11
Introducción	13
Descripción de los antecedentes, problemas y objetivos	13
Descripción de las soluciones técnicas y de las metodologías aplicadas.....	13
Resultados y beneficios ambientales esperados.....	14
Estructura del proyecto	15
Presentación del beneficiario, socios y organización del proyecto	16
Descripción de las modificaciones con relación a la propuesta inicial	17
Técnicas, Tecnologías y Metodología.....	19
Implantación de un sistema de monitorización ambiental en tiempo real	19
Instrumentación para el control de la calidad del aire	19
Estaciones meteorológicas automáticas	20
Instrumentación Acústica	21
Implantación de un sistema de modelización atmosférica en tiempo real	22
Predicción Meteorológica	22
Modelo ARPS.....	23
Modelo MASS	23
Modelo MM5	23
Modelo Hirlam	24
Diagnóstico meteorológico	24
Modelo Calmet	24
Modelo de dispersión de partículas Portpuff	25
Sistema Bayesiano de Toma de Decisiones.....	26
Teoría de la decisión bayesiana.....	26

Estrategia óptima	28
Campañas de medida.....	28
Muestras por operación y granel.....	29
Contribución cuantitativa de fuentes	29
Inventario de graneles sólidos.....	30
Validación del Espectrómetro Láser.....	31
Modelización de Factores de Emisión PM ₁₀ en áreas portuarias	32
Medidas atenuantes y correctoras.....	35
Análisis Coste-Beneficio.....	35
Riego y selladores.....	36
Campaña de evaluación de la efectividad de los sistemas de riego y sellado en el puerto de Tarragona.....	37
Buenas Prácticas	37
Evaluación y Control Ambiental del Ruido.....	38
Escenarios de actividad y emisiones representativas	39
Sistema de Evaluación y Control Ambiental del Ruido.....	39
Medidas Atenuantes de Impacto Acústico	40
Progreso y Resultados presentados por tareas	42
IT. 1. Tarea 4041: Implantación de un sistema de monitorización ambiental en tiempo real.....	43
Acción 1: Instrumentación Meteorológica y Monitorización ambiental	43
Acción 2: Instrumentación acústica.....	43
Acción 3: Integración de los sistemas de instrumentación ambiental, meteorológica y control de niveles sonoros en los sistemas informáticos de cada puerto.....	43
Entregable: Informe de implantación de los sistemas de monitorización	43
IT. 2. Tarea 4045: Implantación de un sistema de modelización atmosférica en tiempo real....	45
Acción 1. Implantación del modelo MELPUFF en los puertos de Barcelona, A Coruña, Cartagena, Huelva y Tarragona.	45
Acción 2. Modelo para partículas sedimentables	45
Acción 3. Modelos Meteorológicos.....	45
Entregables: Informes de adaptación de los modelos.....	45

IT. 3. Tarea 4046: Sistema Bayesiano de Toma de Decisiones	47
Acción 1. Definición de alternativas.....	47
Acción 2. Definición de los sucesos inciertos relevantes.....	47
Acción 3. Descripción de las consecuencias.....	47
Acción 4. Especificación de las preferencias sobre las posibles consecuencias.....	47
Entregables: Informes metodológico y final.....	47
Contratiempos, dificultades y repercusiones	47
IT. 4. Tarea 4047: Sistema Informático de seguimiento, control y ayuda a la toma de decisiones	49
Acción 1: Definición de una interfaz entre los modelos meteorológicos y de dispersión y el sistema informático	49
Acción 2: Integración del Sistema Bayesiano de Ayuda a la Toma de Decisiones	49
Entregables: Informes de Implantación	49
Contratiempos, dificultades y repercusiones	49
IT. 5. Tarea 4073: Campaña de medidas PM ₁₀	50
Acción 1. Medida y Muestreo	50
Acción 2. Campañas de medida.....	50
Acción 3. Caracterización.....	50
Acción 4. Validación de Monitores Automáticos.....	50
Entregables: Informes de caracterización y validación.....	50
Contratiempos, dificultades y repercusiones	50
IT. 6. Tarea 4075: Modelización de Factores de Emisión PM ₁₀ en áreas portuarias	51
Acción 1. Patrón Granulométrico. Caracterización y Granulometría	51
Acción 2. Modelo de Emisión	51
Entregables: Factores y modelo de emisiones.....	51
Contratiempos, dificultades y repercusiones	51
IT. 7. Tarea 4078: Medidas atenuantes y correctoras	52
Acción 1. Barreras Cortaviento.....	52
Acción 2. Riego y selladores	52

Acción 3. Buenas Prácticas.....	52
Entregables: Informes sobre medidas atenuantes	52
Contratiempos, dificultades y repercusiones	52
IT. 8. Tarea 4079: Prototipo de Seguimiento, Evaluación y Control Ambiental del Ruido: Aplicación al Puerto de Bilbao.....	53
Acción 1. Mapa de Ruidos	53
Acción 2. Sistema de Control del Ruido	53
Acción 3. Medidas Atenuantes	53
Entregables: Metodología y Mapa de ruidos	53
Contratiempos, dificultades y repercusiones	53
Actividades de difusión y de divulgación.....	54
Plan de difusión	54
Presentación de ponencias en foros especializados.....	54
Montaje de stands en congresos específicos.....	55
Difusión en los medios de comunicación.....	55
Difusión a través de página web	56
Desarrollo de un logotipo	57
Informe financiero	58
Gastos de personal	58
Gastos de viaje	58
Asistencia externa	59
Material duradero	59
Material consumible.....	59
Otros gastos	59
Gastos generales	59
Conclusiones	60
Anexo I: After-LIFE communication plan.....	62
After-LIFE Project HADA communication plan.....	63
Anexo II: Analysis of the long-term benefits of the project.....	66

Analysis of the long-term benefits of the project 67

Anexo III: Fotografías, gráficas e imágenes del proyecto Hada 70

LISTA PALABRAS CLAVE Y ABREVIATURAS

AAPP: Autoridades Portuarias

APA: Autoridad Portuaria de A Coruña

APB: Autoridad Portuaria de Barcelona

APBI: Autoridad Portuaria de Bilbao

APC: Autoridad Portuaria de Cartagena

APH: Autoridad Portuaria de Huelva

APS: Autoridad Portuaria de Santander

APT: Autoridad Portuaria de Tarragona

APV: Autoridad Portuaria de Valencia

CAPS: Centro de análisis y predicción de tormentas de EE. UU.

CIEMAT: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

CSIC: Centro Superior de Investigaciones Científicas

CTL: Centro Tecnológico Labein

CYTSA: Creatividad y Tecnología, S. A.

Ecoequipamientos: instalaciones y equipamientos portuarios diseñados con criterios ambientales

EPA: Agencia de protección ambiental de EE. UU.

ESPO: Organización Europea de Puertos.

FEPORIS: Fundación Instituto Portuario de Estudios y Cooperación de la Comunidad Valenciana

NCAR: Centro Nacional de Investigación Atmosférica de EE. UU.

NOAA: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EE. UU.

INM: Instituto Nacional de Meteorología

OPPE: Organismo Público Puertos del Estado

PM₁₀: Partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo para un diámetro aerodinámico de 10 µm con una eficiencia de corte del 50 %.

PTS: Partículas Totales en Suspensión

UB: Universidad de Barcelona

UPCT: Universidad Politécnica de Cartagena

USC: Universidad de Santiago de Compostela

UV: Universidad de Valencia

RESUMEN

El proyecto HADA ha implantado en los puertos de Huelva, A Coruña, Santander, Bilbao, Barcelona, Tarragona, Valencia y Cartagena una herramienta de diagnóstico y predicción de la calidad del aire, con un sistema de apoyo a la toma de decisiones en caso de episodios de contaminación atmosférica, prestando especial atención al problema de las partículas en suspensión o sedimentables. También se ha establecido una metodología de control de niveles sonoros en el puerto de Bilbao.

El proyecto tuvo una duración de 3 años, finalizando el pasado día 30 de junio de 2005. El coste final ascendió a 2.362.618 euros, estando dotado de una subvención de la Comisión Europea de 808.145 euros.

El proyecto se ha ajustado a los objetivos prefijados. Se han instalado estaciones de control de la calidad del aire en siete de los puertos integrados en el proyecto; cada estación cuenta con un analizador de dióxido de azufre, un analizador de óxidos de nitrógeno, un analizador de monóxido de carbono y un captador de partículas PM₁₀. Se han instalado también seis estaciones meteorológicas automáticas en otros tantos puertos, dos terminales de monitorización acústica en el puerto de Bilbao, un captador de partículas de alto volumen en el puerto de Tarragona y un espectrómetro láser de partículas y un monitor de BTX en la estación móvil del puerto de Barcelona.

En lo referente a la modelización numérica, se ha desarrollado un modelo de dispersión de partículas que contempla las características de emisión de PM₁₀ de las operaciones portuarias con graneles sólidos, con un módulo que simula el depósito de las partículas sedimentables. También se ha diseñado un modelo de emisiones capaz de proporcionar las tasas de emisión de partículas PM₁₀ y sedimentables en función del material trasegado, la tecnología de manipulación empleada, las medidas de atenuación y las condiciones meteorológicas.

A través de distintas campañas que han tenido lugar en el puerto de Tarragona, se han caracterizado química, morfológica, granulométrica y mineralógicamente muestras obtenidas de diferentes operaciones de carga y descarga de clinker, tapioca, fosfato, harina de soja, cenizas de pirita, mineral de manganeso, carbón de coque, fino de silico-manganeso, alfalfa, carbón de hulla, andalucita, maíz y mandioca. Se ha efectuado, asimismo, un exhaustivo estudio sobre las medidas atenuantes o correctoras de las emisiones a la atmósfera provocadas por operaciones portuarias, analizando su viabilidad ambiental, técnica y económica.

Por último, se ha desarrollado un método objetivo de apoyo a la toma de decisiones que proporciona, a partir de la información disponible, una sugerencia razonada e inmediata sobre la respuesta más adecuada frente a un posible episodio de contaminación atmosférica cuyo origen sea las actividades con graneles sólidos que tienen lugar en un puerto.

Las actividades de divulgación, tanto a escala nacional como internacional han sido numerosas. Cabe resaltar la apertura de la primera Conferencia Internacional de Puertos y Calidad del Aire, que tuvo lugar en Génova en junio de 2005, la Jornada técnica que tuvo lugar en el puerto de Castellón sobre Control de Calidad del Aire y Niveles Sonoros, en abril de 2005, o el stand sobre el proyecto HADA en la ESPO Conference de Rotterdam, en junio de 2004.

SUMMARY

The HADA Project has set up a diagnosis and prediction tool in the ports of A Coruña, Barcelona, Bilbao, Cartagena, Huelva, Santander, Tarragona and Valencia to measure the quality of the air, with a decision making support system for cases of atmospheric pollution, while paying special attention to problems of particles in suspension or sedimentable particles. A control method for noise levels has also been established in the port of Bilbao.

The project lasted for 3 years and ended on June 30th 2005. The final cost of the project amounted to 2.362.618 euros, and had a subsidy from the European Commission for the amount of 808.145 euros.

The project attained the set objectives. Air quality control stations have been set up in seven of the ports involved in the project; each station has analysers for sulphur dioxide, nitrogen oxide, carbon monoxide and a particle trap PM₁₀. Six automatic weather stations have also been set up in six ports, two acoustic measuring terminals in the port of Bilbao, a high volume particle trap in the port of Tarragona and a particle monitor and another BTX monitor in the mobile station in the port of Barcelona.

Regarding numerical modelling, a particle dispersion model has been developed that contemplates the emission characteristics of PM₁₀ for port operations involving solid bulk loads with a module that simulates the depositing of sedimentable particles. An emissions model capable of providing PM₁₀ particle emission and sedimentable emissions has also been designed that covers material handled, technology used during handling, reduction measures and weather conditions.

Through the different campaigns that have been carried out in the port of Tarragona, chemical, morphological, granulometric and mineral samples have been defined which were obtained through different loading and unloaded operations of clinker, tapioca, phosphate, soya flour, pyrite ash, manganese mineral, coke carbon, manganese silicate, alfalfa, coal carbon, andalusite, corn and cassava.

Therefore a thorough study of the reduction measures or corrective action of the emission to the atmosphere caused through port operations has been carried out together with the analysis of their environmental, technical and economic viability.

Finally, a method has been developed with the objective of supporting decision making that provides reasoned and immediate suggestions based on the available information regarding the most suitable responses to possible events of atmospheric contamination originating from activities involving bulk solids that take place in ports.

There have been many dissemination activities, both on national and international levels. The most noteworthy are perhaps the first International Conference on Ports and Air Quality, that was held at Geneva in June 2005, the Technical Workshop that took place at the port of Castellon dealing with Air Quality and Noise Levels in April 2005, or the HADA Project stand at the ESPO Conference in Rotterdam in June 2004.

RÉSUMÉ

Le projet HADA a implanté dans les ports de Barcelone, Bilbao, Carthagène, Huelva, La Corogne, Santander, Tarragone et Valence un outil de diagnostic et de prédiction de la qualité de l'air, avec un système d'aide à la prise de décisions en cas d'épisodes de pollution atmosphérique, en accordant une attention particulière au problème lié aux particules en suspension ou sédimentaires. Une méthodologie pour contrôler les niveaux sonores dans le port de Bilbao a été également établie.

Le projet a duré 3 ans et il s'est terminé le 30 juin 2005. Le coût final s'est élevé à 2.362.618 euros et il a bénéficié d'une subvention de la Commission Européenne de 808.145 euros.

Le projet s'est développé conformément aux objectifs préalablement fixés. Des stations de contrôle de la qualité de l'air ont été installées dans sept des ports faisant partie du projet ; chaque station dispose d'un analyseur de dioxyde de soufre, d'un analyseur d'oxydes de nitrogène, d'un analyseur de monoxyde de carbone et d'un capteur de particules PM₁₀. De même, six stations météorologiques automatiques ont été installées dans d'autres ports, deux terminaux de contrôle acoustique dans le port de Bilbao, un capteur de particules de grand volume dans le port de Tarragone et un moniteur de particules et un autre de BTX dans la station mobile du port de Barcelone.

En ce qui concerne la modélisation numérique, un modèle de dispersion de particules a été développé, considérant les caractéristiques d'émission de PM₁₀ des opérations portuaires avec des vracs solides, avec un module qui simule le dépôt des particules sédimentaires. Un modèle d'émissions a également été conçu, capable de fournir les taux d'émission de particules PM₁₀ et sédimentaires en fonction du matériel transvasé, de la technologie de manipulation employée, des mesures d'atténuation et des conditions météorologiques.

Grâce aux différentes campagnes qui ont eu lieu dans le port de Tarragone, des échantillons obtenus à partir de différentes opérations de chargement et de déchargement de clinker, de tapioca, de phosphate, de farine de soja, de cendres de pyrite, de minéral de manganèse, de charbon à coke, de silico-manganèse, de luzerne, de charbon de houille, d'andalousite, de maïs et de manioc ont été caractérisés au niveau chimique, morphologique, minéralogique et de la granulométrie.

De même, une étude exhaustive a été effectuée sur les mesures atténuantes ou correctrices des émissions dans l'atmosphère résultant d'opérations portuaires en analysant leur viabilité environnementale, technique et économique. Finalement, une méthode objective d'aide à la prise de décisions a été développée, fournissant à partir de l'information disponible, une proposition raisonnée et immédiate pour la réponse la plus appropriée face à un éventuel épisode de pollution atmosphérique dû aux activités avec des produits en vracs solides qui ont lieu dans le port.

Les activités de divulgation, aussi bien au niveau national qu'international ont été nombreuses. On peut citer l'ouverture de la première Conférence Internationale de Ports et Qualité de l'Air qui a eu lieu à Genève en juin 2005, la Journée technique qui a eu lieu au port de Castellón sur le Contrôle de Qualité de l'Air et des Niveaux Sonores en avril 2005 ou le stand sur le projet HADA durant la Conférence de l'ESPO à Rotterdam en juin 2004.

INTRODUCCIÓN

DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES, PROBLEMAS Y OBJETIVOS

La entrada en vigor del 19 de julio de 2001 de la Directiva 1990/30/CE exige, por parte de las Autoridades, el control de las concentraciones de partículas PM_{10} y de distintos gases. Asimismo, la entrada en vigor del Anexo VI del convenio MARPOL, en lo que a límites de gases NO_x , SO_2 y COV emitidos por los buques, señala también la oportunidad de monitorizar estos gases en los puertos. Por último, la ESPO, en su "Código de Prácticas Medioambientales" recomienda implantar sistemas de seguimiento ambiental para disponer de avisos y alarmas inmediatas sobre problemas potenciales de contaminación atmosférica y acústica y también para constatar la bondad de las técnicas de atenuación del impacto empleadas.

Ante todo esto, el Organismo Público Puertos del Estado propuso a la Comisión Europea, a través del programa LIFE, el desarrollo del presente proyecto con los siguientes objetivos:

1. Diseño de un Sistema de Seguimiento y Control de operaciones portuarias, variables meteorológicas y de concentraciones de partículas en suspensión y niveles sonoros en áreas portuarias.
2. Desarrollo de un modelo de emisiones de partículas.
3. Evaluación de un espectrómetro láser de PM_{10} .
4. Desarrollo de un sistema de ayuda a la toma de decisiones en tiempo real y de respuesta frente a episodios de contaminación atmosférica.
5. Realización de un análisis de coste-beneficio de los sistemas de reducción de contaminación de partículas.
6. Diseño de un sistema de control del ruido en recintos portuarios.

DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES TÉCNICAS Y DE LAS METODOLOGÍAS APLICADAS

Una adecuada gestión de la calidad del aire y de los niveles sonoros exige disponer de registros en tiempo real. Los equipos de muestreo de gases y partículas en suspensión informan tanto sobre las concentraciones de PM_{10} que se alcanzan en las nubes de polvo emitidas durante las operaciones portuarias con graneles sólidos, como de la influencia de la actividad industrial y de transporte en los niveles de CO, NO_x y SO_2 . El registro de emisiones debe efectuarse en continuo y en "tiempo real", proporcionando información a los modelos numéricos y al sistema de toma de decisiones desarrollado, permitiendo a los responsables del puerto la adopción de las medidas de atenuación de la emisión de contaminantes sugeridas en cuanto se tenga noticia de estos.

La introducción de la modelización meteorológica y de difusión en el ámbito espacial del puerto permite la recreación de las condiciones dispersivas en todo el entorno físico de interés. Se ha considerado recomendable el desarrollo de un modelo de dispersión atmosférica para su aplicación a distintos entornos portuarios, considerando las características y cadencias de emisión de las operaciones de carga, descarga y almacenamiento, y su validación con los registros obtenidos durante las campañas. Estas últimas han permitido conocer el grado de influencia de un puerto comercial en los niveles de contaminación atmosférica alcanzados en una aglomeración y han permitido una descripción química, morfológica, granulométrica y mineralógica de los graneles sólidos más comunes en el tráfico portuario. El análisis del coste económico y eficacia de distintos ecoequipamientos y buenas prácticas y, basado en esta información, el desarrollo de un sistema Bayesiano de apoyo a la toma de decisiones de carácter ambiental han generado un esquema de actuación para la gestión eficiente de la calidad del aire en entornos portuarios, fácilmente exportable a otros puertos e industrias con problemas ambientales similares.

Por último, la implantación en prototipo de un sistema de seguimiento, evaluación y control ambiental del ruido en el puerto de Bilbao constituye una iniciativa innovadora en el sector portuario europeo.

RESULTADOS Y BENEFICIOS AMBIENTALES ESPERADOS

Este proyecto permite, en los puertos que lo han ejecutado, establecer estrategias de control y planificación de operaciones con graneles sólidos pulverulentos al identificar las técnicas de atenuación de impactos más efectivas económica y ambientalmente, conocer en tiempo real los niveles de PM₁₀ mediante procedimientos normalizados (conociendo por primera vez la aportación de partículas emitidas en distintas operaciones portuarias), disponer de predicciones meteorológicas y de un sistema objetivo de apoyo a la toma de decisiones, que mediante el empleo de un índice sobre la meteorología prevista y otro sobre las actividades que se desarrollarán en el puerto, establece la probabilidad de superación de umbrales de concentración de PM₁₀.

El empleo de esta herramienta por parte de las Autoridades Portuarias, actuará necesariamente de ejemplo e incentivo para las distintas empresas concesionarias y consignatarias en lo relativo al control de las emisiones atmosféricas de sus actividades y buques consignados. El papel del puerto y su relación con las autoridades ambientales cambia, al adoptar, por lo menos en lo relativo a la calidad del aire y el control de los niveles sonoros, una actitud proactiva y colaboradora con otros agentes sociales.

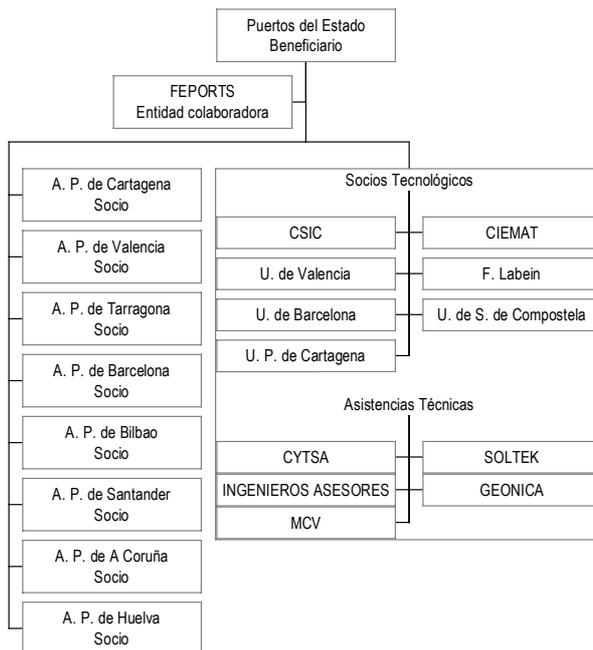
ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El proyecto HADA se estructura en 10 tareas:

1. Implantación de un Sistema de Monitorización Ambiental en tiempo real
 - a. Siete estaciones de control de la calidad del aire
 - b. Seis estaciones meteorológicas automáticas
 - c. Dos monitores de niveles sonoros
 - d. Un captador de alto volumen de $PM_{10, 2.5}$
 - e. Un monitor de BTX y un espectrómetro láser de partículas
2. Implantación del Sistema de Modelización Atmosférica en tiempo real
 - a. Modelos meteorológicos (HIRLAM, MASS, ARPS y CALMET)
 - b. Modelos de dispersión (PORTPUFF y SEDPORT)
3. Diseño de un Sistema Bayesiano de Toma de Decisiones
4. Implantación de un Sistema Informático de Seguimiento y Control y Ayuda a la Toma de Decisiones
5. Desarrollo de Campañas de medidas de PM_{10} . Puerto de Tarragona
 - a. Caracterización química, mineralógica, granulométrica y morfológica de graneles
 - b. Análisis de contribución de fuentes
 - c. Intercomparación espectrómetro láser-captador de alto volumen
6. Modelización de Factores de Emisión PM_{10} en áreas portuarias
 - a. Modelo de emisiones Emiport
7. Medidas Atenuantes y Correctoras
 - a. Ecoequipamientos
 - b. Riego y selladores
 - c. Análisis Coste-Beneficio
8. Prototipo de Seguimiento, Evaluación y Control Ambiental del Ruido: Aplicación al Puerto de Bilbao
 - a. Metodología de implantación de seguimiento y control del ruido en recintos portuarios
 - b. Mapa de ruido del puerto de Bilbao
9. Gestión e información a la Comisión Europea
10. Divulgación del Proyecto

PRESENTACIÓN DEL BENEFICIARIO, SOCIOS Y ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

Organigrama del proyecto HADA



Entidad	Nombre	Apellidos	Área o Departamento
Puertos del Estado	Andrés	Guerra	Jefe Dpto. Calidad Ambiental
APA	José Ignacio	Villar	Director
APB	Joaquín	Cortés	Técnico de Medio Ambiente
APBI	Juan José	Sánchez	Jefe Optimización Procesos
APC	Rafael	Cano	Jefe Seguridad y Medio Ambiente
APH	Víctor	Rubio	Jefe Unidad Seguridad y Medio Ambiente
APS	David	Marcano	Jefe Dpto. Planificación Estratégica
APT	Joan Maria	Basora	Jefe Dpto. de Sostenibilidad y Medio Ambiente
APV	Federico	Torres	Dtor. Área Medio Ambiente, Seguridad y Conservación.
FEPORTS	Pablo	Palomo	Jefe del Área de Innovación
CIEMAT	Fernando	Martín	Departamento de Combustibles Fósiles
CSIC	Xavier	Querol	Instituto Jaume Almera
F. LABEIN	Itziar	Azpuru	Jefe de Acústica
UV	José Miguel	Bernardo	Departamento de Estadística
UB	Ángel	Redaño	Departamento de Meteorología
USC	José Antonio	Souto	Unidad de Observación y Predicción Meteorológica
UPC	Stella	Moreno	Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
CYTSA	Mar	Blázquez	Directora
SOLTEK	David	Gómis	Director
GEONICA	Jesús	López	Director de Proyecto
INGENIEROS ASESORES	Javier	Blanco	Director de Proyecto
MCV	Teo	Gibert	Director

DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES CON RELACIÓN A LA PROPUESTA INICIAL

El principal cambio que ha sufrido el proyecto tuvo lugar en la tarea 3 “Sistema Bayesiano para la Toma de Decisiones”. En principio se pensó en desarrollar un sistema general que pudiera implantarse en cada puerto, con las consideraciones específicas de cada uno de ellos; para ello, EPPE firmó un convenio de colaboración con la Universidad de Valencia en 2001 para efectuar el diseño teórico de un Sistema de Toma de Decisiones para el control de la contaminación atmosférica en entornos portuarios. En el proyecto actual se pretendía la implantación del diseño efectuado en los distintos puertos y para ello se solicitó una subvención de 150.000 € que consideraba un coste por recinto portuario de 18.750 €.

El trabajo finalmente presentado por la UV en julio de 2002 (justo antes de empezar este proyecto), titulado “Gestión automatizada del control ambiental de actividades portuarias” establecía el marco teórico de aplicación de la Estadística Bayesiana a los aspectos ambientales de los puertos, pero con una generalidad tal que, aun siendo un magnífico trabajo académico, no permitía su implantación directa en los puertos, necesitándose una aplicación en prototipo en uno solo para su posterior generalización. Así, se ha considerado más adecuado realizar el proyecto piloto en el Puerto de Tarragona, pues es en el que se desarrollaron las campañas de medidas necesarias para establecer la Base de Datos de información “a priori” a la que se aplica la metodología Bayesiana.

Esta modificación se consensuó con la UV mediante un convenio que regulaba el trabajo de la tarea 3. Este cambio técnico conllevó también una modificación económica, pasando la cantidad acordada de los 150.000 euros previstos a unos 50.000 €, IVA incluido. Además, y para completar la información necesaria para efectuar una recomendación óptima por parte del sistema de apoyo a la toma de decisiones, se firmó un convenio con la Universidad Politécnica de Cartagena “para la evaluación de las consecuencias ambientales de las alternativas de actuación recomendadas por el sistema de toma de decisiones”, con un coste de 15.607,8 €, IVA incluido.

La diferencia entre lo previsto y lo real 93.442 € se decidió utilizar parcialmente para efectuar la implantación de los modelos de dispersión de PM₁₀ y gases en los puertos de Santander y Bilbao, como habían solicitado sus responsables y se comunicó previamente a la comisión (3er. informe de actividad en su página 13). Sin embargo, aun habiéndose realizado el citado trabajo de implantación, el CIEMAT no consideró tal tarea como una ampliación de los trabajos objeto del convenio firmado, sino como una continuación natural dentro de su responsabilidad en el proyecto HADA, por lo que no efectuó facturación adicional alguna.

El diseño del modelo Portpuff no estaba inicialmente considerado sino tan solo la aplicación de un modelo anterior: el modelo MELPUFF. Esta ha sido una de las ampliaciones sobre la programación inicial que ha tenido el proyecto: las campañas de medida efectuadas han superado en duración y número de muestreos lo inicialmente establecido (de 60 muestreos y 30 análisis se ha pasado a 110 muestreos y 60 análisis) enriqueciendo los resultados finales. También el estudio sobre medidas atenuantes presenta un contenido muy superior al inicialmente planteado.

Asimismo, y para facilitar la consulta de los resultados de los trabajos, en sus diferentes aspectos, y su divulgación, se ha preferido, en vez de una “Edición Betacam o superior y CD-ROM”, y por el mismo coste, efectuar una edición de 1000 ejemplares de los siguientes 5 libros:

- Libro nº 1: Modelización atmosférica. Modelo de emisiones EMIPORT
- Libro nº 2: Sistema de toma de decisiones para el control ambiental de las actividades portuarias.

- Libro nº 3: Caracterización de graneles sólidos.
- Libro nº 4: Guía de buenas prácticas y medidas atenuantes de las emisiones a la atmósfera provocadas por las actividades portuarias.
- Libro nº 5: Metodología de seguimiento, evaluación y control de niveles sonoros en entornos portuarios.

Una vez que se disponga de estos cinco libros, se remitirán a todas las Autoridades Portuarias españolas, al Ministerio de Medio Ambiente, a las Consejerías de Medio Ambiente de las Comunidades Autónomas del litoral, a las Universidades y Centros de Investigación implicados, a las empresas estibadoras y a numerosos puertos Hispanoamericanos. Más adelante, y dentro de los trabajos descritos en nuestro "Plan de Divulgación", se editaran dos libros en Inglés que resuman los aspectos más relevantes de los estudios efectuados.

TÉCNICAS, TECNOLOGÍAS Y METODOLOGÍA

IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN AMBIENTAL EN TIEMPO REAL

INSTRUMENTACIÓN PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE

Se han instalado en los puertos de Valencia, Tarragona, Bilbao, La Coruña, Santander, Huelva y Cartagena cabinas de control de la calidad del aire con monitores automáticos de partículas PM₁₀ y de SO₂, NO_x y CO para una adecuada gestión de la calidad del aire. La ubicación de las cabinas fue determinada por el CIEMAT considerando las circulaciones de aire más representativas para el objeto del estudio y teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- representatividad de las medidas,
- evitar la interferencia de obstáculos (apantallamiento de edificios) y zonas de intenso tráfico de camiones,
- seguridad de los equipos (evitar zonas donde pueda sufrir daños),
- logística (cercanías de acometidas de luz y fibra óptica para garantizar la transmisión de datos a un centro de control).

Se ha instalado en el puerto de Tarragona un captador de alto volumen de la marca TISCH ENVIRONMENTAL con cabezales para partículas PM₁₀ y PM_{2.5}.

Se ha instalado en el puerto de Barcelona un monitor de BTX de la marca Syntech Spectras, modelo GC955 y un espectrómetro láser de partículas de la marca GRIMM, modelo 1.108 para completar la instrumentación con que contaba la estación móvil del puerto.



Figura 1. Estaciones de Calidad del Aire del puerto de Huelva, Cartagena, Tarragona (con captador de alto volumen) y Valencia.

Todos los instrumentos instalados corresponden a la última tecnología existente en el mercado siendo, en todos los casos posibles, equipos cuya técnica analítica es la de referencia. Todas las cabinas de control de la calidad del aire se gestionan mediante los programas GESTER 2000 y CECOMA 2000, que vuelca los registros de calidad del aire en los centros de control de cada puerto a través de fibra óptica. En la siguiente tabla se detallan los equipos para cada parámetro medido:

Analizador	Técnica analítica	Marca	Modelo	Puertos
Analizador de dióxido de azufre	Fluorescencia ultravioleta	API	100 E	A Coruña, Cartagena, Valencia, Bilbao, Huelva, Santander, Tarragona
Analizador de óxidos de nitrógeno	Quimiluminiscencia	API	200 E	A Coruña, Cartagena, Valencia, Bilbao, Huelva, Santander, Tarragona
Analizador de monóxido de carbono	Espectrómetro infrarrojo no dispersivo	API	300 E	A Coruña, Cartagena, Valencia, Bilbao, Huelva, Santander, Tarragona
Analizador de partículas PM ₁₀ / PM _{2,5}	Microbalanza	R&P	Teom 1400	A Coruña Cartagena Valencia
Analizador de partículas	Espectrómetro láser	Grimm	1108	Bilbao Huelva Santander Tarragona Barcelona
Captador de Alto Volumen Pm ₁₀ / PM _{2,5}	Gravimétrico	Tisch Environmental		Tarragona
Analizador de Benceno, Tolueno, Xileno (BTX)	Cromatografía	SYNTECH Spectras	GC955	Barcelona

Tabla 1. Analizadores de gases y partículas instalados.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS

Se ha instalado una estación meteorológica automática en los puertos de Tarragona, Cartagena, Huelva, A Coruña, Santander y Bilbao. Su ubicación ha sido seleccionada considerando la instrumentación meteorológica previa de que disponía cada puerto y la representatividad de sus medidas respecto a las circulaciones de viento reinante y dominante. Todas las estaciones son idénticas, contando con sensores sónicos 3D de viento, sensores de temperatura y humedad, sensores de radiación solar, sensores de presión y unidad de adquisición de datos Geónica, MTD-1256-C.



Figura 2. Estaciones meteorológicas de los puertos de Bilbao, Cartagena, Santander, A Coruña, Tarragona y Huelva.

En la localización de las ubicaciones de las estaciones meteorológicas se ha tenido en cuenta, además de cumplir las normativas de instalaciones de Puertos del Estado, la cercanía de las

cabinas de control de la calidad del aire. En la siguiente tabla se detallan los equipos para cada parámetro medido:

Sensor	Marca	Modelo	Puertos
Anemómetro 3D	YOUNG	81000	A Coruña, Cartagena, Bilbao, Huelva, Santander, Tarragona
Termómetro e Higrómetro	VAISALA	50U-44212	A Coruña, Cartagena, Bilbao, Huelva, Santander, Tarragona
Barómetro	DRUCK	PDCR-4021	A Coruña, Cartagena, Bilbao, Huelva, Santander, Tarragona
Piranómetro	LICOR	LY-200	A Coruña, Cartagena, Bilbao, Huelva, Santander, Tarragona
Pluviómetro	YOUNG	52203	A Coruña, Cartagena, Bilbao, Huelva, Santander, Tarragona

Tabla 2. Sensores meteorológicos instalados en las estaciones automáticas.

La altura de los sensores varía de un puerto a otro por la ubicación elegida para la instalación de los soportes de estos. Estas alturas van desde los 44 m en el puerto de Huelva a los 10 m en el puerto de Tarragona. El software instalado es el GAVIA SUITE, que vuelca los registros meteorológicos en con los centros de control de cada puerto a través de fibra óptica.

INSTRUMENTACIÓN ACÚSTICA

Los objetivos específicos de un sistema de control de niveles sonoros son los siguientes:

- determinación del grado de cumplimiento de niveles según la legislación aplicable,
- observar tendencias sobre la evolución en el tiempo,
- determinar situaciones de alerta,
- evaluación de efectos nocivos sobre las personas,
- información al público, etc.

Concretamente, en el caso de actividades portuarias, la elección de los equipos que conforman el sistema de monitorización, se ha basado en el cumplimiento de un doble objetivo:

- representar el nivel sonoro de un conjunto de operaciones desarrolladas en la zona portuaria, pudiendo caracterizar el ambiente acústico de un área determinada en cualquier momento del día o la noche,
- establecer, a partir del mapa de ruidos, un sistema de control que alerte de la posibilidad de impacto acústico en zonas residenciales a partir de la superación de un cierto límite sonoro de los niveles medidos asociados a una actividad concreta del puerto.



Figura 3. Terminales de monitorización de niveles sonoros. Puerto de Bilbao

Para alcanzarlos, y con la colaboración del Centro Tecnológico Labein, se ha instalado en el puerto de Bilbao un sistema de control de niveles sonoros que consta de un terminal de monitorización, compuesto de un Equipo modular B&K modelo 3597 formado por: micrófono 4184, analizador 4441, fuente de alimentación ZG 0146, controlador UL 0212, adaptador de red EtherPath SS1, armario intemperie, baterías y accesorios, y un segundo terminal de

monitorización, compuesto de un Equipo portátil B&K modelo 3631, formado por: micrófono semipermanente 4198, sonómetro 2238F, armario intemperie, baterías y accesorios.

La instrumentación acústica es gestionada, en ambas terminales, por el programa informático de adquisición de datos de ruido B&K, que vuelca los registros de niveles sonoros directamente en el centro de control de operaciones portuarias del puerto de Bilbao.

IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MODELIZACIÓN ATMOSFÉRICA EN TIEMPO REAL

El diseño del sistema de modelización atmosférica, diagnóstico y predicción de la contaminación por partículas en suspensión y sedimentables, consecuencia de operaciones portuarias con graneles sólidos, se ha realizado teniendo en cuenta los condicionantes de cada puerto, aunque manteniendo un esquema común. Se basa en una batería de modelos meteorológicos, de dispersión, depósito y de emisiones de partículas cuyo esquema conceptual se muestra en la figura 4.

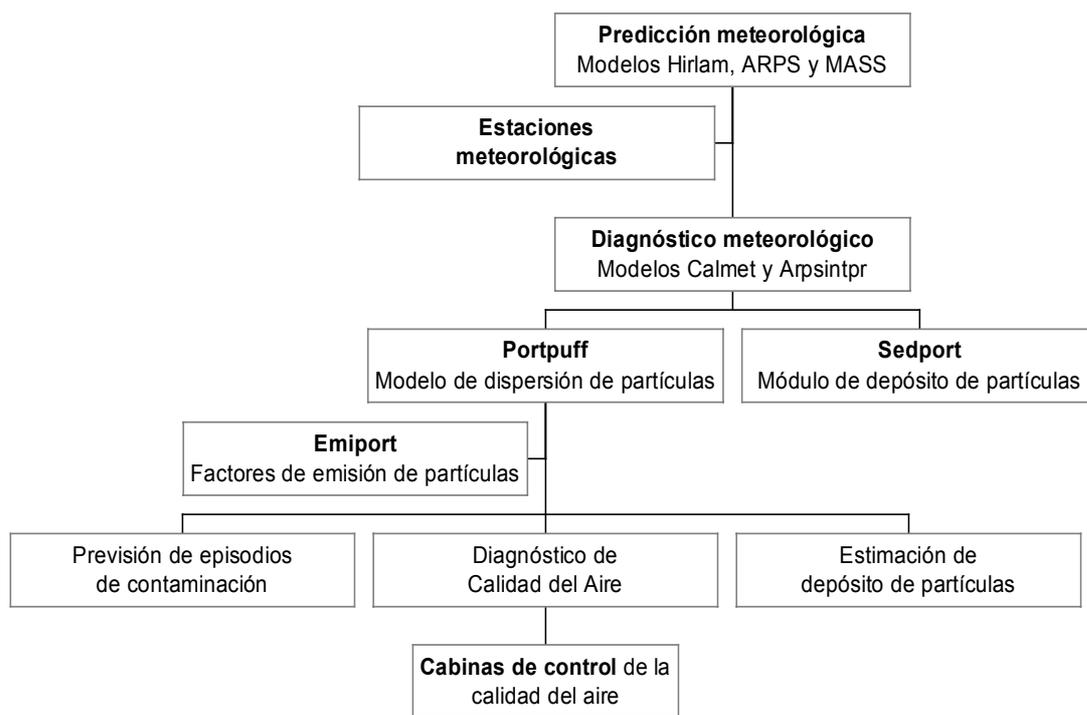


Figura 4. Esquema conceptual de la modelización numérica.

PREDICCIÓN METEOROLÓGICA

Se dispone de predicciones meteorológicas con un horizonte de un mínimo de 48 horas a escala sinóptica, constituidas por campos tridimensionales (velocidad y dirección de viento, temperatura, humedad relativa) y superficiales (cobertura de nubes, altura de las nubes bajas, presión, tasa de precipitación) de diversas variables. Está predicción está siendo proporcionada por la Universidad de Santiago de Compostela con el modelo ARPS para el puerto de A Coruña, por la Universidad de Barcelona mediante el modelo MASS para los puertos de Barcelona y Tarragona, por la

Dirección de Meteorología y Climatología del Gobierno Vasco a través del modelo MM5 en el puerto de Bilbao y por el Instituto Nacional de Meteorología mediante el modelo HIRLAM para los puertos de Valencia, Cartagena, Huelva y Santander.

MODELO ARPS

El modelo meteorológico ARPS (Advanced Regional Prediction System) es un modelo no hidrostático originario del CAPS. El modelo ARPS se encuentra operativo en MeteoGalicia, ejecutándose dos veces al día para dos mallas acopladas entre si mediante un la técnica conocida como “anidamiento”: una de menor resolución (50km) y otra de mayor de resolución (10 km). Sus resultados directos (dirección y velocidad de viento, temperatura, humedad, lluvia, granizo, nieve) e indirectos (nubosidad alta, media y baja, tormentas, sensación térmica, nieblas,...) se usan para obtener la predicción operativa diaria con un horizonte de 72 horas.

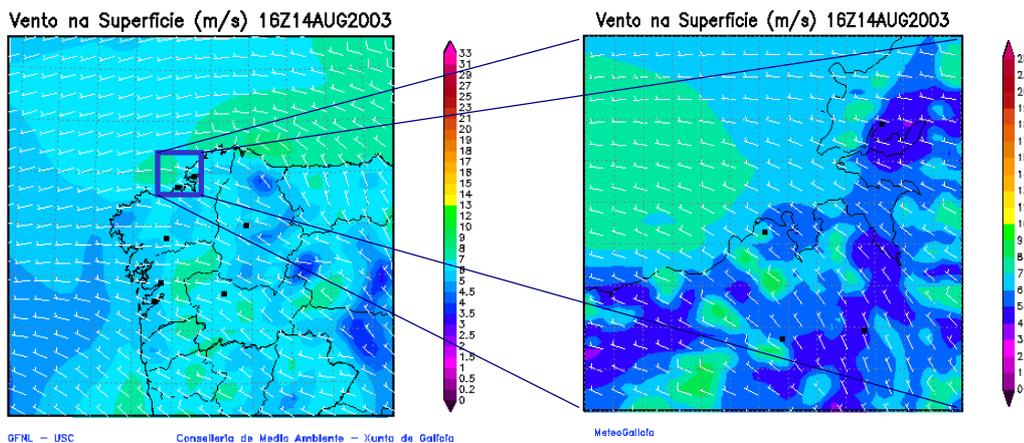


Figura 5. Modelo ARPS. Aplicación al puerto de A Coruña.

De esta predicción final de 10 km de resolución parte la metodología específica para el puerto de A Coruña: una predicción meteorológica y de turbulencia de una resolución de 1 km en un área de 60×60 km² centrada en el recinto portuario y que será utilizada posteriormente por el modelo de diagnóstico CALMET.

MODELO MASS

El modelo de mesoescala MASS (Mesoscale Atmospheric Simulation System) es un modelo hidrostático tridimensional de área limitada. El modelo está diseñado para operar sobre mallas con resoluciones horizontales de unos 10 a 100 km, y con un número de niveles verticales de entre 20 a 40. El MASS ofrece la posibilidad de realizar simulaciones anidadas, es decir, simulaciones sobre áreas incluidas dentro de una región de simulación más extensa, y cuya salida numérica es usada (caso de los puertos de Barcelona y Tarragona) como estimación previa y condiciones de contorno para la simulación de pequeña escala. El modelo incorpora un conjunto de parametrizaciones necesarias para la resolución de las ecuaciones que dan cuenta de la radiación, el intercambio de energía con la superficie, la capa límite planetaria, la hidrología de la superficie, y los cambios de fase del agua. Además, el modelo también contiene parametrizaciones que contemplan los efectos de la convección húmeda que tiene lugar a escalas inferiores a las resueltas por la malla.

MODELO MM5

Modelo de pronóstico meteorológico que ha sido desarrollado conjuntamente por la Universidad de Pennsylvania State y el NCAR. Es un modelo no-hidrostático basado en las ecuaciones primitivas. Utiliza un sistema de coordenadas vertical ajustado al terreno. Permite simular y

predecir las circulaciones desde la microescala a la escala sinóptica, pasando por la mesoscala. Puede usar mallas anidadas. Incluye física de nubes, diversas formulaciones del suelo, capa límite planetaria y radiación.

MODELO HIRLAM

El modelo HIRLAM (High Resolution Limited Area Modelling) es un modelo regional (área limitada) de predicción numérica del tiempo que se encuentra operativo en el INM desde el mes de febrero de 1995. Se trata de un modelo de puntos de rejilla cuya resolución es de 0.5 grados de latitud-longitud y 31 niveles en la vertical. Con él se realizan predicciones de hasta 48 horas cuatro veces al día. El INM también integra una versión de mayor resolución anidada en ésta que es la empleada en los puertos de Cartagena, Valencia, Santander y Huelva. Con ella se realizan predicciones de hasta 24 horas cuatro veces al día. La resolución horizontal de ésta es de 0.2 grados de latitud-longitud.

DIAGNÓSTICO METEOROLÓGICO

Como la resolución espacial de las predicciones efectuadas por estos cuatro modelos resulta demasiado pequeña para poder ser utilizada de forma fiable por el modelo de dispersión, se hace necesario realizar un pronóstico de mayor resolución espacial a partir de las predicciones a escala sinóptica. Esto es lo que se conoce como *downscaling* meteorológico. Para este proceso de *downscaling* se suelen utilizar modelos de diagnóstico meteorológico que, alimentados con los campos meteorológicos predichos a escala sinóptica, permiten obtener campos meteorológicos en un área más pequeña pero con más detalle, teniendo en cuenta las características particulares de la orografía y el tipo de uso del terreno.

El modelo de diagnóstico meteorológico empleado en el proyecto es el CALMET. En el caso del puerto de A Coruña, un módulo previo, denominado ARPSINTPR recibe directamente las predicciones meteorológicas del modelo ARPS y obtiene campos de diversas variables meteorológicas en un área de 60x60 Km² que luego utiliza el modelo de diagnóstico meteorológico CALMET. Para los demás puertos, el proceso de *downscaling* se realiza directamente con el modelo CALMET, que obtiene campos meteorológicos en un área de 60x60 Km² alrededor de cada puerto de los modelos MASS y HIRLAM.

Los modelos de diagnóstico se utilizan también para obtener campos meteorológicos a partir de los datos proporcionados en tiempo real por las estaciones instaladas en cada recinto portuario, recreando las condiciones atmosféricas en cada puerto. Así, la aplicación del *downscaling* a las predicciones meteorológicas a escala sinóptica proporciona predicciones de mayor resolución, y la aplicación de modelos de diagnóstico a los registros de las estaciones, da lugar a estimaciones más precisas de los campos meteorológicos presentes en cada instante de tiempo. Las primeras servirán para obtener predicciones de la dispersión de contaminantes y las segundas, para tener un diagnóstico de la calidad del aire en tiempo real.

MODELO CALMET

El modelo CALMET de la EPA, es un modelo de diagnóstico meteorológico muy apropiado para las escalas espaciales utilizadas en el proyecto. Al efectuar el *downscaling* de las predicciones de los modelos meteorológicos HIRLAM, MASS, ARPS y MM5, provee de campos de variables meteorológicas y de turbulencia atmosférica que pueden alimentar al modelo de dispersión. Por otro lado, CALMET puede procesar también datos registrados en estaciones meteorológicas y proporcionar campos meteorológicos de alta resolución en tiempo real. Además de información meteorológica, CALMET necesita datos digitalizados de topografía y usos de suelo. El núcleo del modelo está formado por un módulo de diagnóstico del campo de viento capaz de simular efectos locales, como los flujos de ladera, efectos cinemáticos y de bloqueo del terreno (incluyendo un procedimiento de minimización de la divergencia del viento), y un módulo de capa límite, que tiene

un tratamiento separado en función de si su desarrollo tiene lugar sobre tierra o sobre el agua. Los resultados de CALMET incluyen campos de viento y temperatura en malla tridimensional de los niveles verticales indicados por el usuario, así como precipitación, velocidad de fricción y longitud de Monin-Obukhov en superficie, además de la altura de la capa de mezcla. Sus salidas pueden ser utilizadas directamente por el modelo PORTPUFF.

El modelo CALMET ha sido sometido a varios procesos de evaluación y validación en diferentes escenarios meteorológicos. Aunque los resultados de la validación son favorables a la recomendación de la utilización de este modelo, la EPA aconseja seguir realizando ejercicios de validación a partir de la comparación de sus resultados con datos experimentales en diferentes escenarios meteorológicos y topográficos. Su empleo en el proyecto HADA facilitará su validación en dominios físicos situados en la franja litoral.

MODELO DE DISPERSIÓN DE PARTÍCULAS PORTPUFF

La estimación de la dispersión de partículas en suspensión se realiza mediante el modelo PORTPUFF, que lleva incorporado un nuevo módulo de cálculo del depósito de partículas sedimentables SEDPORT, aplicado a una malla de cálculo de 60x60 km². A su vez, el modelo de dispersión precisará de las emisiones debidas a las actividades portuarias estimadas mediante el modelo de emisiones EMIPORT desarrollado para este sistema, la concentración de partículas medida en los monitores instalados en cada puerto, la topografía digitalizada y los usos de suelo.

PORTPUFF es un modelo lagrangiano de “puffs” gaussianos que sirve para estimar el transporte, difusión y depósito seco y húmedo de contaminantes emitidos a la atmósfera. Utiliza coordenadas cartesianas definidas por las mallas de trabajo con una resolución de 250x250 m² y en la vertical utiliza alturas en metros sobre el nivel del suelo. Tanto el modelo PORTPUFF, versión del modelo de dispersión MELPUFF anidable en el modelo de diagnóstico meteorológico tridimensional CALMET y adaptada a las características de cadencia de las emisiones fugitivas de partículas en los puertos, como el módulo SEDPORT, han sido diseñados y desarrollados por el CIEMAT específicamente para los objetivos del proyecto HADA.

El modelo PORTPUFF supone que cada minuto se emite una nube de partículas desde cada fuente emisora (parvas, operaciones de carga o descarga, resuspensión por tráfico, etc.), cuyo tamaño inicial viene determinado por el modelo de emisiones EMIPORT. Se asume que el contaminante se distribuye según una función gaussiana dentro de cada nube, las cuales tienen una forma circular en la horizontal y elipsoidal en la vertical. Cada nube se transporta sin deformarse siguiendo un camino marcado por el viento tridimensional en cada punto de su trayectoria, con limitaciones en las proximidades del suelo, crece de tamaño (difusión vertical y horizontal) en virtud de la clase estabilidad y elimina contaminante por depósito seco y húmedo (lavado por la lluvia, nieve o granizo).

Para la difusión del contaminante, se considera que la altura de la capa de mezcla es variable tanto en el espacio como en el tiempo. Para tener en cuenta que la distribución del contaminante se vea afectada por la presencia del terreno o el límite superior de la capa de mezcla y de esta forma considerar las posibles acumulaciones de contaminante, se utiliza una aproximación de superficies reflectoras y fuentes virtuales.

SEDPORT ha sido implantado dentro del modelo PORTPUFF como un conjunto de subrutinas encargadas de estimar la cantidad de partículas sedimentables depositadas en la superficie. La necesidad de desarrollo de este módulo surgió de las numerosas quejas que reciben las Autoridades Portuarias por concesiones u otras partes interesadas a causa del depósito de partículas de diámetro superior a las PM₁₀ y, por tanto, no consideradas en la Directiva 1990/30/CE.

Los cálculos de SEDPORT se han basado en la suposición de que el depósito seco de partículas atmosféricas sobre una superficie receptora está gobernado por la concentración en aire de contaminante, por el transporte turbulento en la capa límite atmosférica, por la naturaleza fisico-química de las especies que se depositan y por la capacidad de la superficie para capturar y/o absorber esas partículas. El transporte de gases y partículas desde la atmósfera hasta las proximidades de la superficie receptora está gobernado por el nivel de turbulencia atmosférica la

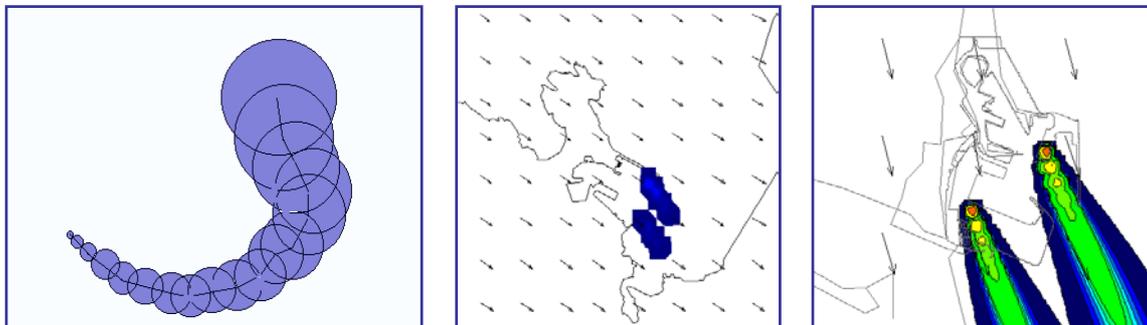


Figura 6. Comportamiento teórico del modelo PORTPUFF y aplicaciones a los puertos de A Coruña y Valencia.

cual se genera por procesos mecánicos (cizalla del viento, rozamiento, efectos debidos a obstáculos sobre la superficie receptora tales como silos, edificios, etc.) o por procesos térmicos.

ESCENARIOS

En cuanto al modo de funcionamiento del sistema de modelización atmosférica, diagnóstico y predicción, se dispone de cuatro posibles tipos de escenarios para ofrecer resultados en tiempo real, predicciones con un horizonte de predicción de 48 horas, análisis a tiempo pasado y análisis de escenarios hipotéticos diseñados por el usuario del sistema.

SISTEMA BAYESIANO DE TOMA DE DECISIONES

La gestión ambiental de un sistema tan complejo como un puerto exige una consideración integrada de los problemas ambientales, de sus posibles interrelaciones, de los factores de los que dependen las consecuencias reales de sus posibles soluciones, de la información disponible y de la valoración social y ambiental de sus posibles consecuencias. Esto es posible en el marco de la teoría de la decisión, una construcción normativa que prescribe la única forma de tomar decisiones en ambiente de incertidumbre compatible con un comportamiento racional.

Naturalmente, las decisiones deben ser tomadas haciendo uso de toda la información relevante disponible, de forma que resulta crucial disponer de un mecanismo que permita la actualización inmediata de la información; esta exigencia de disponibilidad inmediata de información justifica la estructura global del proyecto HADA: la instalación de sensores meteorológicos y de calidad del aire que actualizan sus registros cada diez minutos, la recepción de predicciones meteorológicas actualizadas cada hora, la facultad de simular, a partir de los últimos datos recibidos, la capacidad dispersiva de la atmósfera y las emisiones efectuadas por las distintas operaciones y, por último, el conocimiento de las consecuencias de las posibles medidas a tomar, constituyen información experimental adicional cuya única forma consistente de incorporar a la información inicialmente disponible es mediante la metodología estadística Bayesiana.

TEORÍA DE LA DECISIÓN BAYESIANA

Se ha desarrollado un método objetivo de apoyo a la toma de decisiones que proporciona, a partir de la información disponible, una sugerencia razonada e inmediata sobre la respuesta más adecuada frente a un posible episodio de contaminación atmosférica cuyo origen sean las

actividades con graneles que tienen lugar en el puerto de Tarragona y su extrapolación a las actividades que tienen lugar en el puerto de Cartagena. Para ello, se han establecido tres posibles decisiones o alternativas de actuación $A = \{a_1, a_2, a_3\}$ donde:

- a_1 : autorizar las operaciones portuarias de forma habitual
- a_2 : autorizar las operaciones en forma restringida (operando solamente con ecoequipamientos y buenas prácticas)
- a_3 : posponer todas o algunas de las operaciones hasta que disminuya la probabilidad que alcanzar niveles excesivos de contaminación.

La incertidumbre, presente porque para cada decisión adoptada, existe un conjunto de *sucesos relevantes* que pueden influir en sus consecuencias, se ha medido mediante una distribución de probabilidad predictiva de las medias diarias de PM_{10} . El análisis de los datos disponibles D (registros obtenidos en las campañas por el captador de alto volumen, espectrómetro GRIMM y estación meteorológica automática del puerto de Tarragona) puso de manifiesto que la distribución de probabilidad de esa concentración no pertenece a ninguna de las familias de modelos probabilísticos convencionales, por lo que fue necesario una aproximación no paramétrica. Se ha desarrollado un procedimiento general de predicción Bayesiana objetiva no paramétrica que se utilizó de manera sistemática para determinar las distribuciones predictivas de la concentración de PM_{10} , tanto incondicional (figura 7) como condicionales a las variables meteorológicas consideradas relevantes y a 97 actividades de carga y descarga de distintos tipos de graneles en distintos muelles del puerto (carbón, caolín, clinker, avena, cebada, centeno, coque, fosfatos, maíz, etc.).

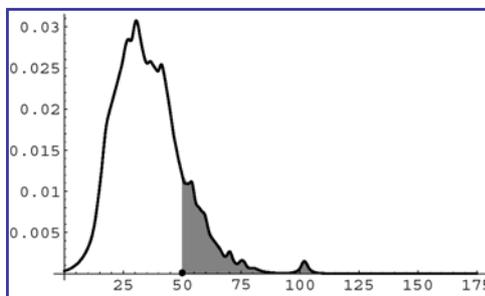


Figura 7. Densidad de Probabilidad de medias diarias de PM_{10} .

El conjunto de los sucesos relevantes queda definido por la estructura de la función de utilidad. En el caso que nos ocupa, la función de utilidad tiene como componente principal la concentración χ de PM_{10} en el entorno urbano cercano al puerto de Tarragona. Consecuentemente, los sucesos relevantes son subconjuntos del espacio de valores posibles de χ . En particular, si la función de utilidad se simplifica al caso dicotómico –cumplimiento ó no cumplimiento- de la legislación en vigor, el conjunto de sucesos relevantes se reduce a dos:

- s_1 : el valor medio diario de χ no supera los 50 mg/m^3 , más de 35 veces al año, y el valor medio anual de χ no supera los 40 mg/m^3 , y
- s_2 : no se cumplen las anteriores condiciones.

La estructura del problema de decisión queda completada por las consecuencias asociadas a cada decisión adoptada y dependen del valor específico χ de contaminación alcanzada según el suceso relevante que haya tenido lugar. Estas consecuencias pueden ser retrasos indebidos en las operaciones y salida de buques, quejas, sanciones u operaciones sin alteración de la calidad del aire, entre otras.

Los criterios de decisión se introducen mediante las preferencias entre las posibles consecuencias, a través de la denominada función de pérdida $\hat{l}\{a_i|\chi\}$ que es definida en una escala convencional [0-1] y representa el nivel de insatisfacción de la Autoridad Portuaria al registrarse una determinada concentración χ de PM_{10} como consecuencia de haber tomado una decisión a_i :

$$\hat{l}\{d_i|D\} = l_0(d_i) + c \cdot \Pr(A|D, d_i, C),$$

siendo $\hat{l}\{d_i|D\}$ la pérdida esperada al tomar la decisión d_i considerando la Base de Datos establecida *a priori* D , $l_0(d_i)$ el coste de implementar la estrategia d_i (que se puede obtener de la tabla 3, extracto de la “Guía de buenas prácticas y medidas atenuantes de las emisiones a la atmósfera provocadas por las actividades portuarias”) y c el coste asociado a la ocurrencia del suceso incierto relevante A , en nuestro caso, el cumplimiento o incumplimiento de la legislación.

Esta se habrá tomado correctamente si hace que el valor de la función de pérdida sea mínimo.

ESTRATEGIA ÓPTIMA

Como consecuencia de lo anterior, se ha estimado un “índice climático” que permite introducir el factor meteorológico en la predicción de la concentración de PM_{10} . En el caso del puerto de Tarragona, se trata de una función lineal de la componente sur de la velocidad del viento, de la presión atmosférica, de la temperatura y de la presencia o ausencia de precipitaciones. Los modelos de predicción meteorológica desarrollados dentro del proyecto se utilizarán para predecir el índice climático desarrollado con al menos 24h de anticipación lo que permitirá anticipar precauciones en la gestión de las actividades portuarias los días que se prevea un índice alto.

Además, se ha desarrollado un indicador del riesgo para los niveles de PM_{10} asociado a cada actividad portuaria, basado en una estimación la probabilidad de que la concentración de PM_{10} aumente cuando la actividad tiene lugar. Esta probabilidad de incidencia ha permitido ordenar las 97 actividades registradas y clasificarlas en 6 grupos en función del riesgo que plantean. El nivel de actividad del puerto lo define la actividad de mayor riesgo. Con esta información se ha calculado una tabla de doble entrada que permite determinar la probabilidad de que la media diaria de PM_{10} supere la cuota de los $50\mu g/m^3$ en función del índice climático y del nivel de actividad del puerto. La probabilidad de cumplir la norma vigente (no superar los $50\mu g/m^3$ más de 35 veces al año) es una función de la probabilidad media de superar la cota un día cualquiera. Así, una de las conclusiones establece que, si se desea cumplir esta norma con una probabilidad superior a 0.95, la probabilidad de que la media diaria supere los $50\mu g/m^3$ debe situarse casi todos los días por debajo de 0.07.

CAMPAÑAS DE MEDIDA

El objetivo de la caracterización y análisis químico de las muestras de material en suspensión y sedimentable, fue obtener un inventario de las características químicas, morfológicas, granulométricas y mineralógicas de las partículas emitidas en las diferentes operaciones de carga y descarga. Este inventario ha sido utilizado en el diseño del modelo de emisiones EMIPORT y permitirá identificar el origen del material recogido en filtros de aire ambiente de las redes de calidad del aire en caso de que se produzcan episodios de contaminación por partículas causados por las diferentes actividades portuarias.

En la campaña de medidas realizada en junio de 2003 se realizaron siete experimentos, en los que se caracterizaron diversos tipos de graneles (finos de silicomanganeso, alfalfa, carbón de hulla y tapioca), además de diferentes actividades de carga, descarga (en superficie del muelle, en camiones) y su manipulación. Asimismo, se caracterizó el impacto en el entorno de algunas actividades, como el paso de camiones sobre suelo cubierto de carbón de hulla, evaluándose adicionalmente la efectividad de algunas medidas de reducción del impacto, como las buenas prácticas en el manejo de herramientas y maquinaria de carga y descarga o la limpieza de los viales para evitar la resuspensión del polvo de carbón.

La segunda quincena del mes de Junio de 2004 se seleccionó como el periodo más favorable para la realización de la segunda campañas de medidas. El diseño experimental en detalle fue

realizado "in situ" en función de la situación: lugar de la descarga, actividad, material trasegado y situación meteorológica, principalmente velocidad y dirección de viento. La variabilidad meteorológica propició que en algún caso hubiera de abortarse el experimento y rediseñar de nuevo el despliegue instrumental.

En ambas campañas, y con objeto de identificar posibles aportes externos de material particulado sobre el área de estudio durante los días de medida, debidos a procesos de transporte a larga distancia, se realizó un análisis de retro-trayectorias de masas de aire. Estas se calcularon con punto de partida sobre el puerto de Tarragona, retrocediendo en el tiempo hasta cinco días. Para ello se utilizó el modelo HYSPLIT de la NOAA.

MUESTREOS POR OPERACIÓN Y GRANEL

Se caracterizaron muestras de doce graneles, obtenidas en el puerto de Tarragona cuando tenían lugar operaciones de carga, descarga o manipulación de estos, mediante los tres equipos espectrómetros láser de la marca Grimm, modelos 1107 y 1108, que midieron las fracciones PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁ y PST. Asimismo, se utilizó en los casos en los que el muestreo era representativo y el campo de concentraciones moderadamente estacionario, un impactador en cascada modelo Sierra 220 de la marca Andersen, diseñado para clasificar partículas de tamaños comprendidos entre 0.3 y 15 µm.

Se efectuaron los siguientes experimentos:

- Descarga de finos de silico-manganeso. Muelle de Aragón,
- Descarga de finos de silico-manganeso. Muelle de Castilla,
- Carga de alfalfa,
- Resuspensión de polvo de hulla por paso de camiones,
- Resuspensión de polvo de hulla por paso de camiones en suelo mojado,
- Descarga de tapioca,
- Carga de finos de silico-manganeso en camiones y tren.

Asimismo, y mediante los equipos instalados en el puerto de Tarragona (captador de alto volumen Tisch Environmental con cabezal para partículas PM₁₀ y espectrómetro láser de partículas Grimm), se efectuó un muestreo de 110 días, de los que se analizan 60, registrándose concentraciones de PM₁₀ procedentes de las diferentes fuentes de emisión, tanto naturales como urbanas/industriales.

CONTRIBUCIÓN CUANTITATIVA DE FUENTES

Para el estudio de las contribuciones cuantitativas de las diferentes fuentes de emisión (naturales, urbanas, industriales) en el área del puerto de Tarragona, se han aplicado modelos receptores basados en el tratamiento numérico de los resultados que, mediante análisis de componentes principales, detectan las fuentes más importantes de emisión con influencia en los niveles PM₁₀.

Una vez analizadas las fuentes, se llevó a cabo un análisis de regresión multilíneal que ha permitido cuantificar la contribución de cada fuente sobre los niveles diarios de PM₁₀.

Se ha realizado la caracterización química de 92 muestras diarias de PM₁₀ recogidas periódicamente (a razón de 2 muestras consecutivas de 24h por semana) en la cabina de control de la calidad del aire instalada en el puerto. A partir de la composición química de las muestras diarias se ha aplicado un análisis de componentes principales (ACP) para la identificación de las fuentes y la cuantificación de su contribución a la masa de PM₁₀, tanto a escala diaria como anual. Los resultados se han comparado con los obtenidos en 2001 en una estación de fondo urbano de Tarragona ubicada en la terraza de un edificio a 1.9 Km. del puerto, obteniéndose

concentraciones muy similares en ambos emplazamientos para la mayoría de los componentes analizados. La aplicación del ACP ha permitido señalar los 4 factores identificados previamente en la estación de fondo urbano: mineral, tráfico, aerosoles secundarios y aerosol marino. Además se identifican otros 3 factores: 2 de ellos caracterizados por las asociaciones Vanadio-Nitrógeno y Fósforo-Calcio, que pueden estar relacionados con la manipulación de graneles en el puerto, y un tercer factor caracterizado por la asociación Manganeseo-Cobalto, presumiblemente consecuencia de la resuspensión del mineral de manganeso trasegado.

A partir de una agrupación simple de los componentes mayoritarios de PM_{10} , se han obtenido contribuciones medias anuales de compuestos secundarios inorgánicos (CSI) de $10.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el puerto y $10.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la ciudad de Tarragona, y de materia orgánica más carbono elemental de $8.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el puerto y 8.9 en la ciudad. Solamente se aprecian diferencias significativas en el caso de la componente mineral, siendo ligeramente superior en el puerto ($11.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que en la ciudad ($9.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Esta diferencia podría atribuirse, bien a un mayor aporte de componentes minerales en 2004 respecto a 2001, o bien a un mayor aporte de este tipo de graneles en el puerto de Tarragona.

El estudio de la evolución temporal de las concentraciones de los componentes mayores y traza de PM_{10} ha permitido identificar picos de concentración de elementos que se habían identificado como trazadores de la manipulación de graneles, coincidiendo con la descarga de los citados materiales en el puerto. Por tanto se ha podido demostrar el impacto de las emisiones de determinadas actividades portuarias en los niveles y composición del PM_{10} en el puerto.

Según estos resultados, se puede concluir que las emisiones de partículas relacionadas con las actividades del Puerto contribuyen a incrementar los valores medios anuales de PM_{10} en $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de materia mineral, como máximo, en el área urbana de Tarragona. Las emisiones de otros compuestos no se reflejan en un incremento significativo de las concentraciones de partículas respecto a las obtenidas en el fondo urbano. No se descarta que las emisiones por combustión en vehículos en el puerto de Tarragona puedan tener un impacto en las concentraciones de PM_{10} en el área urbana. Tanto en el caso de los componentes minerales como de los otros compuestos considerados, el impacto de las actividades portuarias puede ser importante en días determinados, pudiendo resultar en la superación del valor límite diario establecido por la Directiva 1999/30/CE ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en la cabina de control de calidad del aire del puerto.

Desde abril de 2004 hasta septiembre de 2005, se han obtenido en la dársena de escombreras del puerto de Cartagena una serie de registros de partículas sedimentables y PM_{10} . El conjunto de registros se remitió al CIEMAT para incrementar la Base de Datos de definición del modelo Emiport, y a la UV para la extrapolación de la metodología de diseño del sistema de apoyo a la toma de decisiones.

INVENTARIO DE GRANELES SÓLIDOS

El inventario está constituido por los siguientes materiales, procedentes de las operaciones de carga, descarga, transporte y almacenamiento de graneles sólidos desarrollados en los puertos del proyecto:

- carbón de hulla y coque,
- cemento,
- clinker,
- fosfatos,
- mandioca o tapioca,
- harina de soja,
- maíz y derivados,

- cenizas de piritita,
- mineral y finos de manganeso,
- alfalfa,
- andalucita y
- partículas procedentes del tráfico de vehículos,

se efectuaron los siguientes trabajos: determinación de los contenidos en las partículas en suspensión de Ca, Al₂O₃, Fe₂O₃, K, Ti, P, SiO₂ y CO₃²⁻, de componente mineral SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ C no mineral y como representantes de la carga antropogénica Cl-Na⁺, SO₄²⁻ marino y Mg²⁺ de la carga del aerosol marino. Además de estos análisis, la determinación de los elementos mayoritarios y traza en los filtros y material sedimentable se realizó a partir de una previa digestión ácida de las muestras. La caracterización mineralógica del material sedimentable se realizó mediante difracción de Rayos-X (DRX) utilizando un difractómetro Siemens D5000, con un monocromador de grafito, radiación de Cu K α y detector de NaI(Tl), y se estimó la distribución de tamaño de grano de las diferentes muestras de material sedimentable mediante un espectrómetro láser de la marca Malvern Mastersizer/E®. Asimismo, se efectuó un estudio morfológico y de composición puntual mediante microscopía electrónica de barrido con analizador puntual EDX. Toda la información se ha resumido en una ficha que contiene la granulometría, morfología, mineralogía, composición química y trazadores de cada granel y material analizado (en la figura 8 se muestra el procedimiento de muestreo y parte de los resultados obtenidos para una de las muestras: el fosfato sedimentable).

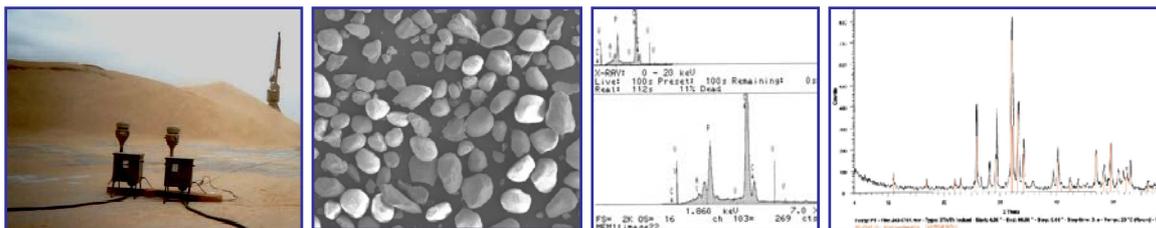


Figura 8. Muestreo, microfotografía, análisis EDX y difractograma de DRX del fosfato sedimentable. Puerto de Tarragona.

VALIDACIÓN DEL ESPECTRÓMETRO LÁSER..

Se han utilizado los registros obtenidos en el captador de alto volumen Tisch Environmental de alto volúmen, como equipo de referencia según la Directiva 1999/30/CE, y en el espectrómetro láser Grimm 1.108, instalados ambos en la cabina de control de calidad del aire del puerto de Tarragona, para efectuar una comparación y efectuar una recomendación sobre la función de transferencia obtenida. Los resultados de esta intercomparación, efectuada según los criterios del "Grupo de trabajo sobre material particulado" de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, demuestran una elevada correlación, con coeficientes de 0.9 y 0.88.

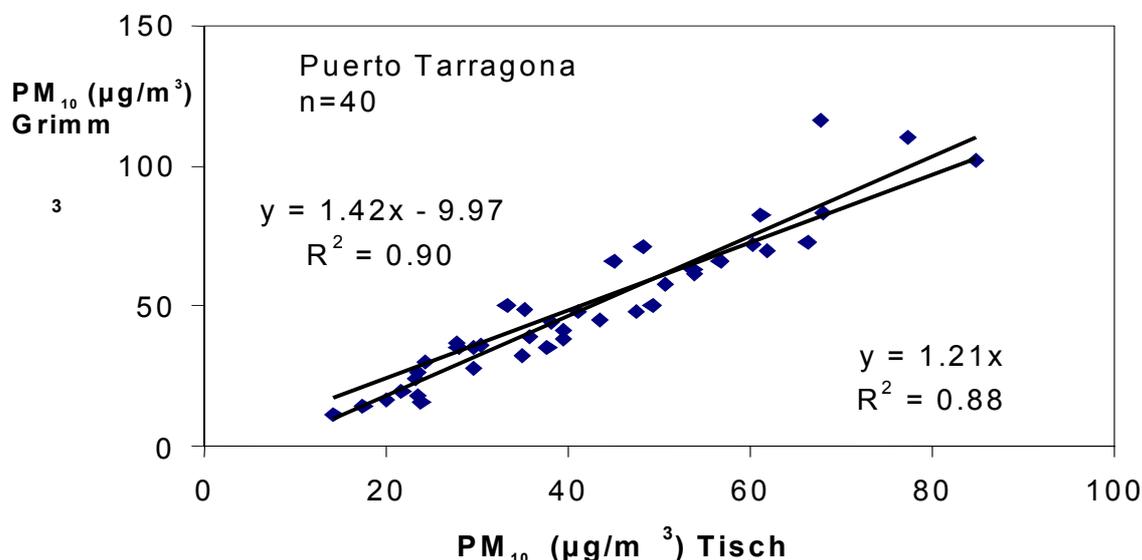


Figura 9. Correlación entre las medidas PM₁₀ obtenidas con el espectrómetro Grimm y el equipo gravimétrico de referencia Tisch Environmental.

MODELIZACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN PM₁₀ EN ÁREAS PORTUARIAS

La correcta estimación de los niveles de concentración de contaminantes exige conocer cuánto contaminante se ha emitido, cuando, dónde y en qué condiciones. En un puerto, las respuestas a cuándo y dónde se han emitido las partículas contaminantes puede responderse de una forma bastante aproximada, delimitando los muelles donde tienen lugar las operaciones con graneles sólidos y acotando el período de tiempo en el que se desarrollan. Esta labor debe ser realizada por los técnicos ambientales del puerto para lo cual necesitan tener un conocimiento lo más exacto posible de las operaciones portuarias.

Cuanto y en qué condiciones se emite el contaminante no tiene una respuesta sencilla, al tratarse de fuentes difusas o fugitivas, y requiere del cálculo de un modelo de emisiones que sea capaz de proveer de tasas de emisión de partículas PM₁₀ y sedimentables en función del tipo de operación, tecnología de manipulación empleada, las medidas de atenuación aplicadas, las características del material y las condiciones meteorológicas. El modelo diseñado, denominado EMIPORT, permite

disponer de una base de datos de tasas de emisión de partículas a la atmósfera o de formulaciones en función del tipo de operación, tipo y condiciones del granel y situación meteorológica.

Para su diseño se emplearon técnicas de modelización inversa sobre el modelo de dispersión PORTPUFF en distintos intervalos de diámetros de partículas. Esto ha exigido definir una metodología nueva basada en la modelización inversa de la dispersión de contaminantes con objeto de, a partir de mediciones de alta resolución de la evolución de contaminantes en las proximidades de los focos seleccionados y conociendo de una manera precisa las condiciones meteorológicas, estimar las emisiones y su evolución temporal.

EMIPORT requiere de información sobre las siguientes variables:

- tipo de contaminante,
- número de focos (operaciones), períodos de actividad y localización,
- tipo de operación y parámetros relativos a cada tipo de actividad (cantidad de material manipulado, nº y peso de camiones, estado del material -humedad y contenido de polvo-,etc),
- condiciones atmosféricas,

y se ha basado en formulaciones existentes en el informe AP-42 de la EPA y en nuevas formulaciones desarrolladas a partir del procesamiento de datos obtenidos durante las campañas que tuvieron lugar en el puerto de Tarragona durante los años 2003 y 2004 y por datos adicionales de operaciones portuarias y concentraciones de partículas ofrecidos por diversos puertos, especialmente los puertos de Valencia y Cartagena. El modelo tiene parametrizadas las alturas de emisión y los tamaños iniciales de cada bocanada o *puff* y discrimina las siguientes fuentes de emisión:

- debidas a resuspensión de polvo por circulación de vehículos, especialmente vehículos pesados (camiones y palas),
- procesos de carga, descarga y manipulación de graneles,
- debidas a la resuspensión por viento fuerte,
- Carga Buque (Camión → Parva muelle → Grúa → Barco),
- Descarga buque (Barco → Grúa → Tolva → Camión),
- Carga a camión o tren (Parva → Pala → Camión o tren).

EMIPORT abarca un abanico amplio de materiales:

- Tapioca,
- Mineral de Manganeseo,
- Cenizas de Pirita,
- Pellets de alfalfa,
- Carbón de coque,
- Carbón de hulla,
- Fino de silico-Mn,

- Clinker y
- Fosfato,

permitiendo añadir materiales nuevos por el usuario. Como ejemplo, y para las operaciones de carga y descarga, se han estimado los siguientes factores de emisión de pellets de alfalfa para la Carga de Buque (105 ± 30 gr/min), Descarga de Buque (140 ± 30 gr/min) o Carga a Camión o Tren (96 ± 25 gr/min).

MEDIDAS ATENUANTES Y CORRECTORAS

Responder adecuadamente a los posibles episodios de contaminación atmosférica consecuencia de operaciones con graneles sólidos pulverulentos y establecer la estrategia óptima de actuación, exige conocer el estado del arte sobre las medidas atenuantes o correctoras de estas emisiones, analizando su viabilidad ambiental, técnica y económica. Para ello, la empresa Creatividad y Tecnología, con la colaboración de los socios del proyecto, ha efectuado un análisis pormenorizado de las diferentes operaciones susceptibles de emitir PM₁₀ o partículas sedimentables. Las distintas operaciones, desde el trasiego de agregados (carga o descarga de buques, trenes o camiones) hasta el desplazamiento de carga de un punto a otro del puerto (cintas transportadoras, tráfico pesado) o su almacenamiento en parvas o tinglados, han sido estudiados y se han identificado las fases más sensibles en lo que a emisión de partículas se refiere. A cada fase y operación se le ha asignado una relación de medidas aplicables (ecoequipamientos o buenas prácticas) y sus diferentes alternativas, con el fin de establecer las mejores técnicas disponibles para la disminución o eliminación de efectos ambientales no



Figura 10. Operación sin y con Canaletas y empleo de Buenas Prácticas para atenuar la emisión de partículas.

deseados.

Especial atención han merecido las cintas trasportadoras capotadas y cerradas, canaletas y tolvas ecológicas, barreras cortaviento y distintos sistemas de riego y sellado de las parvas de graneles.

ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

También se ha evaluado el coste de la instalación y mantenimiento de las medidas de atenuación de emisiones y se ha comparado con el beneficio ambiental que produce su aplicación, identificándose medidas sencillas y económicas con un elevado rendimiento en la reducción de las emisiones. El estudio ha considerado no solo los costes de instalación y mantenimiento, sino que ha estimado los costes asociados a su operación, la variación en los rendimientos, el coste relativo de las paradas técnicas, las mermas y las posibles bonificaciones por buenas prácticas ambientales.

En la siguiente tabla se presenta una primera estimación de los costes anuales de la implantación de medidas atenuantes en distintas actividades:

ACTIVIDAD	SISTEMA	MEDIDA ATENUANTE	COSTE ANUAL ESTIMADO €/año	REDUCCIÓN EMISIONES

Carga y descarga	Sistemas discontinuos	Cucharas	291.000	0%
Carga y descarga	Sistemas discontinuos	Cucharas + atmós. Capturadora	293.000	30%
Carga y descarga	Sistemas continuos	Cleveland-Cascade	205.000	100%
Carga y descarga	Sistemas continuos	Tubería de vacío	280.000	100%
Transporte	Transporte interno:	Cintas abiertas	59.000	0%
Transporte	Cintas	Cintas capotadas	60.000	100%
Transporte	Transportadoras	Cintas cerradas		100%
Transporte	Transporte externo:	Con lavarruedas o riego	4.000	70%
Transporte	Camiones y trenes	Sin lavarruedas o riego	0	0%
Almacenamiento	A cielo abierto	Barreras cortaviento	33.000	70%
Almacenamiento	A cielo abierto	Sistemas de riego		70%

Tabla 3. Costes de los sistemas atenuantes por actividad.

Con respecto a las barreras cortaviento, y además de los estudios teóricos previamente efectuados, se ha estudiado en los puertos de Santander y Valencia la viabilidad de su aplicación. En el puerto de Valencia se emplean, en la terminal de SERVICESA, contenedores apilados para proteger otras instalaciones. En Santander se emplean Leylandiis como barrera natural. El análisis coste-beneficio efectuado tanto para barreras naturales como artificiales demuestra la viabilidad de su empleo.

RIEGO Y SELLADORES

Se han analizado en una campaña desarrollada en el puerto de Tarragona y sobre registros experimentales procedentes del puerto de Santander, las ventajas de emplear selladores. Se ha efectuado un análisis del coste económico vs. beneficio ambiental del uso de agua sola y agua más aditivos en almacenamientos a cielo abierto, considerando los materiales y las condiciones meteorológicas que permiten su aplicación. También se han analizado compuestos para el control de olores.

Los aditivos analizados (composición química y toxicológica) y caracterizados (aplicabilidad, suministro, escenarios recomendados, coste económico) han sido los siguientes:

- Estabilizantes
 - orgánicos
 - lignosulfonatos
 - aceites humectantes
 - polímeros sintéticos
 - polímeros acrílicos o acrilatos (*Tackdown*)
 - copolímeros de acetato de polivinilo (*Soiltac*)
 - copolímeros de acrílicos, acrilatos y acetatos (*Soilsement*)
- Decantadores de las partículas en suspensión
 - Airelimp
 - aceites humectantes
 - Sistema DSI

CAMPAÑA DE EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS SISTEMAS DE RIEGO Y SELLADO EN EL PUERTO DE TARRAGONA

Entre los días 20 y 24 de diciembre de 2004 se llevó a cabo una campaña de medidas para cuantificar la efectividad de una serie de medidas atenuantes ante una situación real. Esta prueba se realizó en el puerto de Tarragona y con la colaboración del Institut Jaume Almera del CSIC, la empresa ERCROS y la empresa BASF.

Para la prueba se emplearon 100 toneladas de fosfato cálcico facilitadas por la empresa ERCROS (100 m² de superficie aproximadamente), maquinaria de fumigación facilitada por el puerto de Tarragona para la aplicación tanto de agua como de agua + aditivo, empleándose un aditivo tensoactivo, concretamente lignosulfonato (DUSTEX) proporcionado por la empresa BASF. Para la medición de las partículas en suspensión se utiliza un espectrómetro láser aportado por el CSIC, que se sitúa a una distancia de 50 m. y a una altura de 1 m.

La efectividad del sellado con lignosulfonatos se situó en torno al 40-50%, superiores a las conseguidas aplicando únicamente agua con vientos similares, limitada a un 30%. Además, en el caso de utilizar únicamente agua, el efecto se mantiene aproximadamente un día por lo que, si las condiciones atmosféricas desfavorables se mantienen durante periodos más largos, es necesaria la aplicación del riego cada día o cada dos días como máximo, con el consiguiente gasto acumulado. Por el contrario, las medidas de sellado con agua más aditivos prolongan su efecto durante semanas o meses dependiendo del tipo de aditivo y las condiciones atmosféricas reinantes.

Como resultado final de la prueba realizada se puede concluir que el sellado de parvas mediante la aplicación de agua más aditivos, en este caso lignosulfonato, sería conveniente en todo tipo de almacenamientos estacionarios a cielo abierto que pueda estar sometido a vientos de elevada intensidad.

BUENAS PRÁCTICAS

Se ha efectuado una recopilación de códigos y recomendaciones en el ámbito nacional, europeo e internacional de buenas prácticas de gestión ambiental portuaria en todas aquellas actividades que impliquen transporte o manipulación de graneles sólidos. Como resultado, se ha efectuado una recomendación sobre Medidas Preventivas y sobre Procedimientos Operacionales. Estos han considerado la carga y descarga de graneles, el almacenamiento y apilado de graneles a la intemperie, su transporte de mercancías, labores de control y vigilancia y limpieza de muelles, particularizándose para las siguientes operaciones:

- Procedimiento para la carga/descarga con cuchara
 - Descarga en primera línea de muelle
 - Descarga a tolva sobre camión o tren
 - Carga del buque
- Procedimiento para el almacenamiento y apilado de graneles a la intemperie
- Procedimiento para el transporte de las mercancías
 - Camión y Ferrocarril
 - Cintas transportadoras
- Procedimiento para el Control y Vigilancia
 - Explotación
- Procedimiento para la limpieza del muelle

- Zona de operación y primera línea de muelle
- Viales y zona de almacenamiento.

Los beneficios de estos procedimientos se han verificado en el puerto de Santander y en sendas campañas desarrolladas en los puertos de Tarragona y Valencia.

EVALUACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL DEL RUIDO

El puerto de Bilbao, como otros grandes puertos comerciales, desarrolla durante 24 horas al día una constante actividad de tráfico de todo tipo de mercancías, contenerizadas o no, de entrada y salida de camiones y trenes en el recinto portuario y partida y arribada de buques. Esta incesante actividad en el puerto puede generar superaciones de los niveles sonoros permitidos, principalmente de noche, causando molestias y alteraciones del sueño.

El Centro Tecnológico Labein fue el responsable de analizar la problemática genérica del ruido en puertos, desde la perspectiva de una situación con una gran variedad de focos de funcionamiento variable, los cuales pueden inducir un importante conjunto de escenarios representativos del funcionamiento en el recinto portuario.

En un análisis preliminar, se registraron las actividades susceptibles de provocar impacto acústico. Los focos de ruido identificados en el ámbito de las distintas actividades portuarias, se agruparon según tres niveles de prioridad:

- nivel prioritario, que incluye los:
 - Muelles 1(ATM) y 2 (TMB), el Muelle Nemar, Muelle Adosado, Muelle Princesa de España y el Depósito franco.
- En el nivel apreciable se incluyen:
 - El muelle Bizkaia, el muelle Reina Victoria Eugenia, y la Terminal de carga de RENFE.
- En el nivel inapreciable se incluyen:
 - Muelle Príncipe de Asturias Norte, Muelle del Ferry *Pride of Bilbao* y el *Termicar*.

El CTL caracterizó los focos de emisión mediante campañas de medidas acústicas en el entorno de los focos considerados. Estas medidas consistieron en el registro de los niveles sonoros, en bandas de 1/3 de octava, de los ciclos operativos de cada foco de ruido. A partir de estas medidas se ha calculado la potencia sonora de cada uno de los focos considerados:

- Movimiento de Chatarra,
- Movimiento de Lingotillo,
- Movimiento de Briqueta,
- Depósito Franco,
- Carga del Tren,
- Mercancía General,
- Estibas de ATM y TMB,
- Terminales de RENFE,
- Muelles de BERGÉ.

ESCENARIOS DE ACTIVIDAD Y EMISIONES REPRESENTATIVAS

El paso previo a la generación de los mapas de ruido ha sido la definición de una serie de escenarios que puedan ser representativos de la actividad portuaria de Bilbao. Como situaciones aproximadas que se pueden dar habitualmente, se han considerado los siguientes:

- **Escenario Medio Diurno.** Se considera en esta situación que se esta produciendo una actividad generalizada en todo el recinto del puerto.
- **Escenario Medio Nocturno.** Las actividades nocturnas se suelen limitar a los muelles de contenedores: ATM y TMB.
- **Escenario de Niveles Máximos Diurno.** Esta situación está orientada al estudio de los focos de ruido identificados con mayor capacidad de originar molestias, como son la descarga puntual de chatarra, la descarga puntual de lingotillo y las señales acústicas de movimientos en los muelles de contenedores.

La caracterización de los niveles de ruido se realizó en términos de niveles medios representativos de la actividad diaria, $L_{Aeq,día}$, vespertina $L_{Aeq,tarde}$ y nocturna $L_{Aeq,noche}$.

Finalmente, se trazaron los mapas de ruido.

SISTEMA DE EVALUACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL DEL RUIDO

Se ha implantado un sistema dinámico, solidario con un sistema de toma de decisiones basado en el catálogo de escenarios establecidos *a priori*, que esta integrado por el sistema de monitorización que permite el seguimiento en tiempo real de los niveles de ruido, así como análisis de la situación con respecto a la salud sobre la base de los mapas de ruido y las relaciones dosis-efecto.

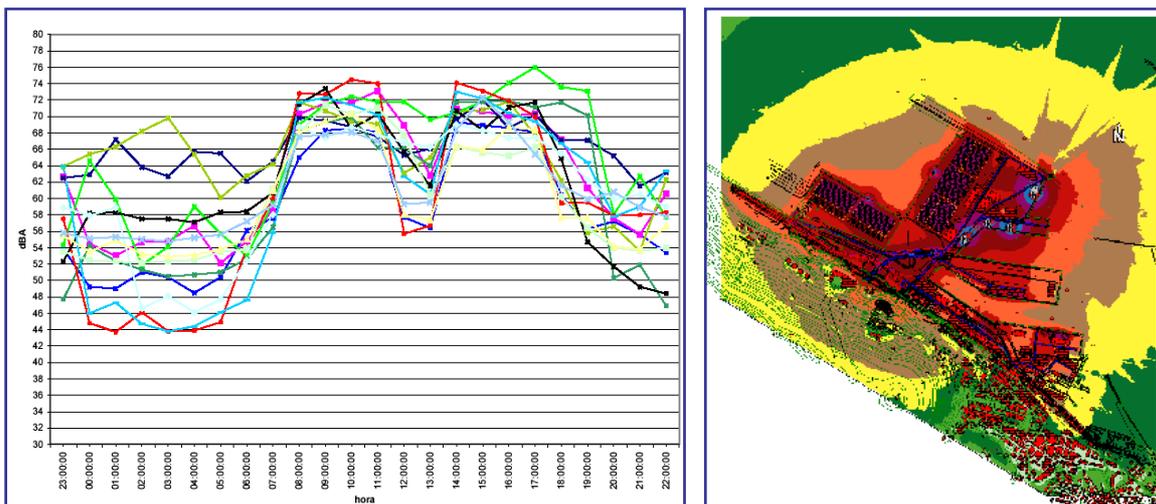


Figura 11. Gráfica de niveles sonoros diarios obtenidos por la terminal móvil y Mapa de Ruido para el escenario medio diurno. Puerto de Bilbao.

El sistema de control de niveles sonoros utiliza como parámetro descriptor de la situación sonora, el nivel continuo equivalente de una hora con ponderación en frecuencia A: $L_{Aeq,1hora}$.

Como primera utilidad del sistema de monitorización, la simple observación de las gráficas de niveles sonoros permite analizar, mediante comparación con los escenarios establecido *a priori*, la evolución del proceso de trabajo de una zona o foco de ruido.

El sistema diseñado por el CTL está instalado en el Centro de Operaciones Portuarias del puerto y estará vinculado al sistema de control de la calidad del aire y a la metodología de apoyo a la toma de decisiones. Como resultado de todo ello, actualmente el puerto de Bilbao dispone del primer sistema de monitorización de niveles sonoros en entornos portuarios de España y uno de los primeros de Europa.

MEDIDAS ATENUANTES DE IMPACTO ACÚSTICO

Las situaciones de impacto acústico, valoradas según la normativa del municipio de Santurce, se han debido al tráfico rodado (camiones) y a la circulación de trenes. Como medidas de atenuación tipo se deben señalar el diseño de pantallas acústicas (para ambos focos), la utilización de pavimentos drenantes (de bajo ruido) para las carreteras, o la actuación sobre la vía de ferrocarril evitando las juntas de carril (soldado), mejorando los anclajes (empleo de elásticos), realizando un correcto mantenimiento de la superficie de carril (evitar la rugosidad) o utilizando el tipo y espaciado de traviesas adecuado.

Se debe tener en cuenta que, constructivamente, no se recomienda pantallas de más de 5 m de altura.

En cualquier caso, independientemente de la valoración del impacto realizada según los criterios disponibles, no se debe olvidar que las actividades que se realizan en el puerto asociadas a la manipulación de lingotillo y chatarra (en sus diferentes versiones), son causa de niveles sonoros estimados en las fachadas de las viviendas más cercanas que pueden alcanzar y superar puntualmente los 70 dB(A). Presuponiendo que el conjunto de dicha actividad no se puede centralizar en el muelle Nemar (el más alejado), si que se recomienda que se trate de sensibilizar a los operarios de los pulpos para que extremen, en lo posible, el ajuste de la altura a la que se producen las descargas mediante la introducción de Buenas Prácticas.

PROGRESO Y RESULTADOS PRESENTADOS POR TAREAS

A continuación se presenta un análisis de los resultados obtenidos en cada puerto y por cada tarea del proyecto HADA, las fechas de finalización de cada acción, los “entregables” comprometidos, presentados en forma de Informes Técnicos que se adjuntan en formato *pdf* en el CD que acompaña a este informe, y algunos comentarios sobre los contratiempos encontrados durante la ejecución del proyecto, así como sus repercusiones:



Figura 02. Instalación de la cabina de control de la calidad del aire en el puerto de Bilbao, mediante cabria flotante.

IT. 1. TAREA 4041: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN AMBIENTAL EN TIEMPO REAL

ACCIÓN 1: INSTRUMENTACIÓN METEOROLÓGICA Y MONITORIZACIÓN AMBIENTAL

Se ha instalado en los puertos de Valencia, Tarragona, Bilbao, La Coruña, Santander, Huelva y Cartagena cabinas de control de la calidad del aire con monitores automáticos de partículas PM₁₀ de las marcas GRIMM y TEOM, y de SO₂, NO_x y CO de la marca API. La instalación finalizó en marzo de 2004.

Se ha instalado en el puerto de Tarragona un captador de alto volumen de la marca Tisch Environmental con cabezales para partículas PM₁₀ y PM_{2.5}. La instalación finalizó en abril de 2004.

Se ha instalado en el puerto de Barcelona un monitor de BTX de la marca SYNTECH Spectras, modelo GC955 y un espectrómetro láser de partículas de la marca GRIMM, modelo 1.108. La instalación del espectrómetro GRIMM se efectuó en abril de 2004. La instalación del monitor BTX en la unidad móvil de vigilancia ambiental del puerto de Barcelona finalizó en diciembre de 2004.

La instrumentación meteorológica ha sido instalada en los puertos de Tarragona, Cartagena, Huelva, A Coruña, Santander y Bilbao. Todas las estaciones cuentan con sensores sónicos 3D de viento y pluviómetros de la marca R. M. YOUNG, termómetros e higrómetros de la marca VAISALA, piranómetros de la marca LICOR y barómetros de la marca DRUCK. La instalación de las estaciones meteorológicas automáticas finalizó el mes de marzo de 2004.

ACCIÓN 2: INSTRUMENTACIÓN ACÚSTICA

El sistema de monitorización de niveles sonoros en el Puerto de Bilbao consta de dos terminales de monitorización, uno compuesto de un Equipo modular B&K modelo 3597 formado por: micrófono 4184, analizador 4441, fuente de alimentación ZG 0146, controlador UL 0212, adaptador de red EtherPath SS1, armario intemperie, baterías y accesorios, y un segundo terminal compuesto de un Equipo portátil B&K modelo 3631, formado por: micrófono semipermanente 4198, sonómetro 2238F, armario intemperie, baterías y accesorios. El sistema quedó instalado el día 25 de marzo de 2004.

ACCIÓN 3: INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN AMBIENTAL, METEOROLÓGICA Y CONTROL DE NIVELES SONOROS EN LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS DE CADA PUERTO

Las cabinas de control de la calidad del aire se gestionan mediante los programas GESTER 2000 y CECOMA 2000. Las estaciones meteorológicas mediante el programa GAVIA. La instrumentación acústica emplea, para ambas terminales, el programa informático de adquisición de datos de ruido B&K.

Todos estos sistemas vuelcan sus registros en las Bases de Datos de las distintas Autoridades Portuarias a través del sistema que se describe en la tarea 4047.

ENTREGABLE: INFORME DE IMPLANTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN

hada1_1_red de control de la contaminación atmosférica para las AA. PP. de A Coruña, Bilbao, Cartagena, Huelva, Santander, Tarragona y Valencia.pdf (Ingenieros Asesores, mayo de 2004)

hada1_2_informe sobre la instalación de estaciones meteorológicas en los puertos de Bilbao, Cartagena, A Coruña, Huelva, Santander y Tarragona.pdf (GEONICA, abril de 2004).

hada8_1_mapa de ruido del puerto de Bilbao. Trazado y consideraciones ambientales.pdf (Fundación Labein, diciembre de 2004).

CONTRATIEMPOS, DIFICULTADES Y REPERCUSIONES

El despliegue de fibra óptica hasta las ubicaciones de los distintos sensores, la cual se presuponía disponible en la propuesta inicial, ha comprometido los plazos previamente estimados, siendo responsable de los retrasos sufridos en distintas instalaciones de cabinas y estaciones meteorológicas.

La ejecución de pequeñas obras civiles de cimentación, abertura de zanjas, etc. necesarias para la instalación de equipos y líneas de comunicación, ha supuesto, también, un coste económico adicional no contemplado en los presupuestos.

Se ha tenido que modificar el software GAVIA para permitir un almacenamiento de registros cada 10 minutos, necesario para la ejecución en tiempo real del sistema. Tal desarrollo ha retrasado la fase de implantación de la modelización.

La lentitud de ciertos procedimientos administrativos, junto con modificaciones en el organigrama de personal del puerto de Tarragona, ha sido también causa del retraso en la instalación de cabinas y estaciones meteorológicas, captadores de alto volumen, etc. Esto ha generado un "efecto dominó" que ha afectado a los tiempos de desarrollo de otras fases, principalmente modelización y sistema de apoyo a la toma de decisiones.

IT. 2. TAREA 4045: IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MODELIZACIÓN ATMOSFÉRICA EN TIEMPO REAL

ACCIÓN 1. IMPLANTACIÓN DEL MODELO MELPUFF EN LOS PUERTOS DE BARCELONA, A CORUÑA, CARTAGENA, HUELVA Y TARRAGONA.

A partir del modelo MELPUFF, se ha desarrollado un nuevo modelo adaptado a las características de cadencia de las emisiones fugitivas de partículas en los puertos y capaz de anidarse en modelos de diagnóstico meteorológico tridimensionales: el modelo PORTPUFF. El modelo Portpuff ha sido implantado en los puertos de Barcelona, A Coruña, Cartagena, Huelva, Tarragona, tal y como se proponía en la solicitud del proyecto, y en los puertos de Santander y Bilbao.

ACCIÓN 2. MODELO PARA PARTÍCULAS SEDIMENTABLES

Se ha diseñado el módulo SEDPORT de partículas sedimentables, incluido en la formulación del modelo Portpuff e implantado en todos los puertos.

ACCIÓN 3. MODELOS METEOROLÓGICOS

Se han adaptado los modelos ARPS para la Autoridad Portuaria de A Coruña y MASS para las Autoridades Portuarias de Barcelona y Tarragona. El modelo HIRLAM, operado por el INM, ha sido adaptado en las Autoridades Portuarias de Valencia, Cartagena, Huelva y Santander a petición de estas y a través de un convenio previo de colaboración entre Puertos del Estado y el INM. El modelo MM5 proporcionará la predicción meteorológica al puerto de Bilbao.

ENTREGABLES: INFORMES DE ADAPTACIÓN DE LOS MODELOS

hada2_1_modelos de dispersión y depósito de partículas atmosféricas Portpuff y Sedport (CIEMAT, diciembre de 2004)

hada2_2_desarrollo de interfases entre modelos meteorológicos y adaptación de Portpuff a entornos portuarios (CIEMAT, diciembre de 2004)

hada2_3_implantación de un sistema de modelización atmosférica en áreas portuarias y determinación de factores de emisión (CIEMAT, marzo de 2004)

hada2_4_informe técnico sobre la implementación del modelo meteorológico MASS (Universidad de Barcelona, julio de 2004)

hada2_5_modelo ARPS: descripción general y adaptación al entorno del puerto de A Coruña (Universidad de Santiago de Compostela, marzo de 2003).

CONTRATIEMPOS, DIFICULTADES Y REPERCUSIONES

El desarrollo del modelo Portpuff encontró una seria dificultad en su implantación práctica en los distintos puertos: los tiempos de computación eran demasiado elevados para poder ser ejecutado en tiempo real. Además, la obtención de topografías digitalizadas, con usos del suelo y alturas referenciadas de los edificios más importantes de cada puerto tuvo que realizarse, en todos los casos, especialmente para el proyecto.

El empleo del modelo Portpuff dependía de la recepción de la predicción meteorológica y de la disponibilidad de los registros de las estaciones cada 10 minutos por lo que, para su puesta en funcionamiento, hubo que modificarse el programa GAVIA y permitir "abrir" los sistemas

informáticos de los puertos para la recepción de la previsión. Todo esto presentó serias dificultades con los servicios de informática de los puertos e implicó importantes retrasos.

También el anidamiento del modelo CALMET a los distintos modelos meteorológicos empleados en el proyecto (HIRLAM, MASS, ARPS, MM5) y su adaptación operacional a las mallas numéricas representativas de las topografías de cada puerto, presentó serias dificultades.

IT. 3. TAREA 4046: SISTEMA BAYESIANO DE TOMA DE DECISIONES

ACCIÓN 1. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

Se definieron tres alternativas $A = \{a_1, a_2, a_3\}$ de actuación:

a_1 : autorizar las operaciones portuarias de forma habitual

a_2 : autorizar las operaciones en forma restringida (operando solamente con ecoequipamientos y buenas prácticas restrictivas)

a_3 : posponer todas o algunas de las operaciones hasta que disminuya la probabilidad que alcanzar niveles excesivos de contaminación.

ACCIÓN 2. DEFINICIÓN DE LOS SUCESOS INCIERTOS RELEVANTES

El conjunto de sucesos relevantes se ha reducido a dos: s_1 : el valor medio diario de χ no supera los 50 mg/m³, más de 35 veces al año, y el valor medio anual de χ no supera los 40 mg/m³, y s_2 : no se cumplen las anteriores condiciones.

ACCIÓN 3. DESCRIPCIÓN DE LAS CONSECUENCIAS

Las consecuencias, en el caso dicotómico mencionado anteriormente, son las derivadas (en términos legales, económicos y de imagen) del cumplimiento o no de la legislación en vigor.

ACCIÓN 4. ESPECIFICACIÓN DE LAS PREFERENCIAS SOBRE LAS POSIBLES CONSECUENCIAS

Para el caso general, se especifica una función $U(a_i, \chi)$, que es definida en una escala convencional [0-1], que describe el nivel de satisfacción de la Autoridad Portuaria asociado a la acción a_i , si el nivel de contaminación resultase ser χ .

ENTREGABLES: INFORMES METODOLÓGICO Y FINAL

hada3_1_metodología Bayesiana para la toma de decisiones: aplicaciones en el control ambiental de Actividades Portuarias (Universidad de Valencia, noviembre de 2004).

hada3_2_control ambiental en el puerto de Tarragona. Análisis Bayesiano (Universidad de Valencia, junio de 2005).

hada3_3_evaluación de las consecuencias ambientales de las alternativas de actuación recomendadas por el sistema de toma de decisiones (Universidad de Cartagena, junio de 2005).

CONTRATIEMPOS, DIFICULTADES Y REPERCUSIONES

Para el establecimiento de la Base de Datos que permitía el cálculo de las funciones de densidad de probabilidad de concentraciones de partículas PM₁₀, era necesario que la instrumentación meteorológica y ambiental, en concreto el espectrómetro láser y el captador de alto volumen Tisch Environmental, estuvieran funcionando sin interrupción por lo menos un año. Retrasos en la instalación de aquellos supuso retrasos en el diseño del sistema de apoyo a la toma de decisiones.

Respecto a la Base de Datos obtenida en la dársena de Bastarache del puerto de Cartagena, y debido a distintos problemas técnicos de los equipos instalados, no se ha podido emplear pues aun en el momento de redacción de este informe se estaban obteniendo datos.

La dificultad teórica del desarrollo del sistema de toma de decisiones ha confirmado el acierto en la decisión de efectuar su desarrollo en un solo puerto. No obstante, la metodología aplicada ha sido diseñada para permitir su fácil implementación en cualquier Autoridad o Administración Portuaria que disponga de registros previos de calidad del aire, meteorología y operaciones realizadas. Esto se efectuará en el puerto de Cartagena en cuanto se terminen las campañas de medida, y en el puerto de Huelva.

IT. 4. TAREA 4047: SISTEMA INFORMÁTICO DE SEGUIMIENTO, CONTROL Y AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES

ACCIÓN 1: DEFINICIÓN DE UNA INTERFAZ ENTRE LOS MODELOS METEOROLÓGICOS Y DE DISPERSIÓN Y EL SISTEMA INFORMÁTICO

La empresa SOLTEK, S. L. ha sido contratada por las distintas Autoridades Portuarias para, ajustándose a las características informáticas de cada una de ellas, desarrollar e implantar un sistema que permite la preparación de los registros y predicciones meteorológicas y de calidad del aire, la ejecución de los modelos, el tratamiento de las tasas de emisión mediante el modelo EMIPORT y la presentación de los resultados gráficos que cada simulación requiera. Este interfaz gestiona la información almacenada en la Base de Datos, procedente de los sensores meteorológicos, monitores de contaminantes y ejecuta los modelos de diagnóstico meteorológico CALMET y de difusión atmosférica PORTPUFF sobre las salidas de los modelos meteorológicos o los registros ambientales, efectuando la presentación de los resultados obtenidos al responsable medioambiental.

El desarrollo del sistema informático ha finalizado y ha sido implantado en los puertos de A Coruña, Barcelona, Tarragona, Valencia, Huelva y Cartagena.

ACCIÓN 2: INTEGRACIÓN DEL SISTEMA BAYESIANO DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES

Se ha integrado el cálculo del "índice climático" en el sistema informático que da servicio a la instrumentación y recepción de predicciones meteorológicas en el puerto de Tarragona. Esto, junto con el conocimiento de las operaciones portuarias que tienen o tendrá lugar, permite establecer la estrategia de actuación ambiental óptima mediante la ejecución del sistema de apoyo a la toma de decisiones diseñado para este puerto.

ENTREGABLES: INFORMES DE IMPLANTACIÓN

hada4_1_informe de implantación e Integración en los sistemas informáticos de cada puerto.pdf

Informe final de implantación e integración en los sistemas informáticos del puerto de Tarragona del Sistema Bayesiano de apoyo a la toma de decisiones (dentro del informe hada3_2_control ambiental en el puerto de Tarragona. Análisis Bayesiano (Universidad de Valencia, junio de 2005)).

CONTRATIEMPOS, DIFICULTADES Y REPERCUSIONES

La instalación final del software diseñado dependía de la disponibilidad previa de todos y cada uno de los elementos del sistema de gestión de la calidad del aire en todos los puertos, y del acceso a los datos y registros provenientes de estos: registros meteorológicos de las estaciones y de calidad del aire de las cabinas (tendido de fibra óptica disponible), acceso a las previsiones de los modelos meteorológicos (protocolo FTP en todos los puertos), ejecución operativa (y en tiempos razonables) de los modelos CALMET, PORTPUFF, SEDPORT y EMIPORT, etc.

Todos y cada uno de los elementos citados han presentado diversos problemas en todos los puertos, confirmando la necesidad de una aplicación concreta para cada puerto.

IT. 5. Tarea 4073: CAMPAÑA DE MEDIDAS PM₁₀

ACCIÓN 1. MEDIDA Y MUESTREO.

A partir de los equipos emplazados en Barcelona, Valencia, A Coruña, Tarragona y Cartagena se han efectuado registros de diferentes fuentes de emisión para efectuar, experimentalmente, la determinación de factores de emisión. No obstante, en la práctica se han utilizado fundamentalmente los registros obtenidos en las campañas desarrolladas en el puerto de Tarragona y Cartagena.

ACCIÓN 2. CAMPAÑAS DE MEDIDA.

En lugar de efectuar 60 muestreos con el captador de alto volumen, analizando 30, se efectuó un muestreo de 110 días, de los que se analizan 60, registrándose concentraciones de PM₁₀ procedentes de las diferentes fuentes de emisión, tanto naturales como urbanas o industriales, para evaluar su influencia y compararlas con las obtenidas por el espectrómetro láser.

ACCIÓN 3. CARACTERIZACIÓN

Se caracterizaron 12 graneles característicos del tráfico portuario y partículas procedentes del tráfico rodado.

ACCIÓN 4. VALIDACIÓN DE MONITORES AUTOMÁTICOS.

Se ha efectuado una comparación de los registros obtenidos en el captador de alto volumen TISCH ENVIRONMENTAL y en el espectrómetro láser de la marca GRIMM 1.108, instalados ambos en la cabina de control de calidad del aire del puerto de Tarragona. Los resultados de esta intercomparación demuestran una elevada correlación, con coeficientes de 0.9 y 0.88.

ENTREGABLES: INFORMES DE CARACTERIZACIÓN Y VALIDACIÓN

hada5_1_caracterización experimental de niveles de concentración en aire de material particulado en el Puerto de Tarragona en diversas actividades carga/descarga y transporte de graneles sólidos.pdf (CIEMAT, junio de 2005)

hada5_2_caracterización de graneles del puerto de Tarragona.pdf (CSIC, mayo de 2005).

hada5_3_intercomparación de equipos automáticos de medida de PM₁₀ utilizados en el puerto de Tarragona con el método de referencia.pdf (CSIC, mayo de 2005).

CONTRATIEMPOS, DIFICULTADES Y REPERCUSIONES

El retraso en la instalación de los monitores y captadores ha implicado un retraso respecto a la programación inicial de las campañas y tomas de muestras. El funcionamiento de algunos equipos presentó dificultades en su empleo a la intemperie, así como el establecimiento final de una operativa eficaz de recogida de filtros para su posterior análisis.

IT. 6. TAREA 4075: MODELIZACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN PM₁₀ EN ÁREAS PORTUARIAS

ACCIÓN 1. PATRÓN GRANULOMÉTRICO. CARACTERIZACIÓN Y GRANULOMETRÍA

Se ha efectuado una caracterización mineralógica del material sedimentable mediante difracción de Rayos-X (DRX) y se ha estimado la distribución de tamaño de grano en catorce muestras de material sedimentable. Asimismo, se ha efectuado un estudio morfológico y de composición puntual mediante microscopía electrónica de barrido.

Se ha realizado el estudio de contribución cuantitativa de fuentes de emisión.

ACCIÓN 2. MODELO DE EMISIÓN

Se ha diseñado el modelo EMIPORT, que abarca un espectro amplio de materiales y escenarios.

ENTREGABLES: FACTORES Y MODELO DE EMISIONES

hada6_1_EMIPORT: Modelo de emisiones de partículas en entornos portuarios.pdf (CIEMAT, diciembre de 2005)

hada6_2_estimación de las contribuciones a los niveles de PM₁₀ de las diferentes fuentes de emisión en el puerto de Tarragona.pdf (CSIC, septiembre de 2005)

CONTRATIEMPOS, DIFICULTADES Y REPERCUSIONES

Como en el caso del diseño del Sistema Bayesiano de apoyo a la toma de decisiones, para el estudio sobre las contribuciones a los niveles de PM₁₀ de las diferentes fuentes de emisión en el puerto de Tarragona, era necesario que la instrumentación meteorológica y ambiental, en concreto el espectrómetro láser GRIMM y el captador de alto volumen TISCH ENVIRONMENTAL, estuvieran funcionando sin interrupción por lo menos un año. Retrasos en la instalación de aquellos ha supuesto que las últimas muestras se hayan tomado en agosto de 2005.

IT. 7. TAREA 4078: MEDIDAS ATENUANTES Y CORRECTORAS

ACCIÓN 1. BARRERAS CORTAVIENTO

A partir de un estudio teórico previo realizado por el Instituto IDR de la Escuela Superior de Ingenieros Aeronáutico de Madrid, se han estudiado en los puertos de Santander y Valencia la viabilidad de la aplicación de Barreras Cortaviento.

ACCIÓN 2. RIEGO Y SELLADORES

Se han analizado en una campaña desarrollada en el puerto de Tarragona y sobre registros experimentales procedentes del puerto de Santander, las ventajas de emplear selladores.

ACCIÓN 3. BUENAS PRÁCTICAS

Se ha efectuado una recopilación de códigos y recomendaciones en el ámbito nacional, europeo e internacional de buenas prácticas de gestión ambiental portuaria en todas aquellas actividades que impliquen transporte o manipulación de graneles sólidos.

ENTREGABLES: INFORMES SOBRE MEDIDAS ATENUANTES

hada7_1_estudio de medidas atenuantes y correctoras de las emisiones a la atmósfera provocadas por actividades portuarias.pdf (CYTSA, mayo de 2005)

CONTRATIEMPOS, DIFICULTADES Y REPERCUSIONES

La campaña de medidas propuesta para evaluar la bondad de tres selladores se ha tenido que limitar a efectuar una única evaluación del aditivo DUSTEX. Ello ha sido consecuencia de la negativa de distintas empresas estibadoras a aplicar este tipo de selladores en sus graneles. Se hace expreso nuestro agradecimiento a la empresa ERCROS, del puerto de Tarragona, por su colaboración. Por otro lado, dificultades en la concepción del trabajo global, ha supuesto cierto retraso en su aceptación final.

IT. 8. TAREA 4079: PROTOTIPO DE SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL DEL RUIDO: APLICACIÓN AL PUERTO DE BILBAO.

ACCIÓN 1. MAPA DE RUIDOS

Se han trazado los mapas de ruido en el puerto de Bilbao.

ACCIÓN 2. SISTEMA DE CONTROL DEL RUIDO

Se ha implantado un sistema dinámico de control de niveles sonoros, integrado por el sistema de monitorización y modelización "a priori", que permite el seguimiento en tiempo real de los niveles de ruido.

ACCIÓN 3. MEDIDAS ATENUANTES

Se han recomendado medidas de apantallamiento y disminución de la emisión en la operativa portuaria de Bilbao.

ENTREGABLES: METODOLOGÍA Y MAPA DE RUIDOS

hada8_1_mapa de ruido del puerto de Bilbao. Trazado y consideraciones ambientales.pdf (CTL, Diciembre de 2004)

hada8_2_metodología de implantación de un sistema de seguimiento, evaluación y control de ruido en entornos portuarios.pdf (CTL, Diciembre de 2004)

CONTRATIEMPOS, DIFICULTADES Y REPERCUSIONES

Salvo ciertas dificultades iniciales en el funcionamiento de una de las terminales de monitorización de niveles sonoros, esta tarea no ha presentado contratiempos.

ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN Y DE DIVULGACIÓN

PLAN DE DIFUSIÓN

El plan de difusión consistió, fundamentalmente, en el desarrollo de los siguientes puntos:

- Presentación de ponencias en foros especializados,
- Montaje de *stands* en congresos específicos,
- Difusión en los medios de comunicación de las actividades más importantes,
- Difusión a través de página web,
- Organización de una jornada de difusión de los resultados finales del proyecto.

PRESENTACIÓN DE PONENCIAS EN FOROS ESPECIALIZADOS

- Conferencia ECOPORT 2003, que tuvo lugar en Valencia (España) los días 11 y 12 de febrero de 2003, en un foro que congregó a expertos medioambientales portuarios de toda Europa, estando presentes el presidente de la ESPO (European Sea Ports Association) y el Jefe de la Unidad de tráfico marítimo de corta distancia y puertos de la Dirección General de Energía y Transporte de la Comisión Europea. Ponencia titulada “El proyecto HADA: una iniciativa de control atmosférico”.
- 3ª Conferencia internacional sobre experiencias con estaciones meteorológicas automáticas que tuvo lugar en Málaga (España) los días 19, 20 y 21 de febrero de 2003 en un foro que congregó a expertos mundiales sobre el tema. Ponencia titulada “The HADA Project: use of weather station networks for diagnostics of incidences of pollution in port areas”.
- VII Jornadas españolas de ingeniería de costas y puertos que tuvo lugar en Almería (España) los días 26 y 27 de junio de 2003 en un foro que congregó a los expertos españoles en temas costeros y portuarios.
- First conference of the ECOPORTS research project, que tuvo lugar en Barcelona (España) los días 23 y 24 de octubre de 2003 en un foro que congregó a los principales puertos europeos.
- European Aerosol Conference, que tuvo lugar en Budapest (Hungría) del 6 al 10 de septiembre de 2004 con una ponencia titulada “Characterisation of suspended and deposited material arising from selected operations at Tarragona Port”
- Primer Encuentro Técnico de Puertos del Mediterráneo “Hacia una mejor gestión ambiental” que tuvo lugar en Valencia (España) los días 20 y 21 de octubre de 2004 en un foro que congregó a expertos de puertos del Mediterráneo. Ponencia titulada “Herramientas para el control de la contaminación atmosférica: proyecto HADA”.
- IX Congreso de Ingeniería Ambiental en el marco de la Feria Internacional de Medio Ambiente que tuvo lugar en Bilbao (España) los días 9, 10 y 11 de noviembre de 2004.
- Second conference of the ECOPORTS research project, que tuvo lugar en Marsella (Francia) los días 21 y 22 de marzo de 2005. Ponencia presentada por el puerto de

Barcelona y titulada "A dust dispersion modelling experience: The HADA Project (Automatic Environmental Diagnosis Tool).

- Jornada técnica sobre control de calidad del aire y niveles sonoros en puertos. Proyecto HADA, Autoridad Portuaria de Castellón, 21 de abril de 2005.
- Por último, en la "1st international conference on Harbours and Air Quality" que tuvo lugar en Génova del 15 al 17 de junio de 2005, se presentaron las siguientes ponencias, todas ellas resultado de los trabajos desarrollados dentro del marco del proyecto HADA:
 - Apertura de la conferencia: The HADA project: An air quality and noise control system in ports. Life02/Env/E/00274.
 - Estimates of atmospheric particle emissions from solid bulks handling in Spanish harbours.
 - Experimental and numerical study of a type of windbreaks to reduce dust emissions in harbours
 - Characterisation of suspended and deposited material arising from selected operations at the Taragona harbour (HADA project)
 - A modelling system to forecast atmospheric PM concentrations in Spanish ports
 - Experimental characterization of particulate matter ambient concentrations produced during bulk material handling at Taragona harbour (HADA project)

MONTAJE DE STANDS EN CONGRESOS ESPECÍFICOS

- VI Congreso Nacional de Medio Ambiente desarrollado del 25 al 29 de noviembre de 2002 en Madrid (España)
- ESPO Conference (European Sea Ports Organisation) desarrollada los días 17 y 18 de junio de 2004 en Rotterdam (Holanda)

DIFUSIÓN EN LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN

- En la revista MEDA (especializada en temas ambientales) de enero de 2003 se publicó un extenso artículo titulado "Los puertos españoles ponen freno a la contaminación" dedicado por completo al proyecto HADA. En él se pasa revista al programa LIFE y al proyecto HADA, detallando sus objetivos, las acciones a desarrollar y los medios implicados.
- En la revista AL PORT del tercer trimestre de 2003, editada por el puerto de Tarragona, se publicó un artículo titulado "Proyecto HADA" escrito por el Jefe de la Unidad de Medio Ambiente de la Autoridad Portuaria de Tarragona, D. José Antonio Luaces.
- En la revista PUERTOS del Ministerio de Fomento de marzo de 2004, se publicó un artículo titulado "Los puertos españoles se sitúan en la vanguardia mundial en el control de la contaminación atmosférica" dedicado al proyecto HADA.
- En prensa han aparecido artículos en momentos importantes del proyecto:

Valencia Marítima (16/10/02)
Diario del Puerto (16/10/02)
Huelva Información (17/10/02)

El diario Montañés (18/10/02)
EuropaSur (19/10/02)
Diario de Cádiz (20/10/02)
El Vigía (21/10/02)
Valencia Marítima (21/10/02)
La Voz de Galicia (29/10/02)
Página web Fundación Entorno (13/11/02)
Diario del Puerto (14/11/02)
Marítimas (14/11/02)
La Voz de Galicia (29/11/02)
La Voz de Galicia (06/03/04)
La Opinión (06/03/04)
Diario de Valencia (06/03/04)
EuropaSur (06/03/04)
Diario de Cadiz (06/03/04)
Diario de Avisos (07/03/04)
Valencia Marítima (29/03/04)
Diario del Puerto (02/04/04)
Valencia Marítima (18/06/04)
Elcorreodigital (19/06/04)
Veintepies (21/06/04)
Valencia Marítima (21/06/04)
Diario del Puerto (21/06/04)
Veintepies (18/03/05)
Diario del Puerto (18/03/05)
Valencia Marítima (21/04/05)
Diario del Puerto (21/04/05)
Valencia Marítima (22/04/05)
Diario del Puerto (22/04/05)
La Voz de Galicia (21/09/2005)

DIFUSIÓN A TRAVÉS DE PÁGINA WEB

Dentro de la página web de OPPE se ha instalado toda la información referente al proyecto. Parte de esa información está accesible al público en general, mientras que otra parte es sólo accesible a los socios del mismo. La dirección es

<http://www.puertos.es/index2.jsp?langId=1&catId=1014805434023&pageId=1039711108471> y se encuentra integrada en Puertos del Estado / el sistema Portuario de Titularidad Estatal / Medio Ambiente / Iniciativas y Proyectos / Proyecto HADA-LIFE.

Se encuentran activos también vínculos con la página web del proyecto en las páginas web de los socios:

APBi: <http://www.bilbaoport.es/castellano/index.asp> y la secuencia “i” - “Calidad y Medio Ambiente” – “Proyecto medioambiental HADA-LIFE”

APC: <http://www.apc.es/general/apc08.asp> en el apartado “Medio ambiente”

APH: <http://www.puertohuelva.com> en el apartado “Estrategias de futuro”

APS: <http://www.puertosantander.es/Informes/MedioAmbiente/Default.htm>

APB: http://www.apb.es/es/SERVICIOS/Servicios_A_La_Comunidad/Medio_Ambiente/Medio_Atmosferico/El_Proyecto_HADA

APV: <http://www.valenciaport.com/cultures/es-ES/ValenciaportSociedad/Medioambiente/ActuacionesMedioambientales/>

APA: <http://www.puertocoruna.com/contenido/pags/medioAmbiente.htm>

APT: <http://www.porttarragona.es/>

DESARROLLO DE UN LOGOTIPO



INFORME FINANCIERO

Categoría de los gastos	Total de los gastos de acuerdo con la Decisión de la Comisión	Gastos imputados desde la fecha de inicio del proyecto, hasta el 30.06.2005	%
1. Gastos personal	550.690 €	605.492 €	110%
2. Gastos viaje	111.307 €	51.589 €	46%
3. Asistencia externa	755.862 €	603.182 €	80%
4. Material duradero: costes totales, no amortizados	859.302 €	903.976 €	105%
Infraestructuras (sub-tot.)	-	21.487 €	-
Equipamiento (sub-tot.)	859.302 €	882.489 €	103%
Prototipos (sub-tot.)	-	-	-
5. Material Consumible	35.556 €	37.912 €	107%
6. Otros gastos	59.005 €	46.400 €	79%
7. Gastos Generales	104.578 €	114.066 €	109%
SUMA TOTAL	2.476.300 €	2.362.617 €	95%

GASTOS DE PERSONAL

Tal y como estaba previsto, finalmente se ha recuperado el tiempo perdido al principio del proyecto. Así el coste de personal ha alcanzado la cifra prevista. El exceso se debe fundamentalmente a que la mayor contratación de Asistencia Externa (no en cantidad económica pero sí en número de contratos) ha supuesto dedicar más tiempo al análisis de los informes y a los problemas que han dado ciertos equipos instalados que han debido ser reparados durante el proyecto.

GASTOS DE VIAJE

Los gastos de viaje ascienden finalmente a 51.589 euros. La gran mayoría han sido viajes nacionales, de dos tipos: a las reuniones de trabajo y a jornadas y conferencias de difusión del proyecto. También ha habido algunos viajes al extranjero previstos, fundamentalmente del Director del Proyecto, para la difusión del mismo. Como se puede comprobar, esta cifra es muy inferior a la prevista, debido a que muchas de las personas han ahorrado costes viajando en coche en el mismo día de la reunión o jornada (ahorro en el coste del avión y en hotel).

ASISTENCIA EXTERNA

Finalmente la asistencia externa se ha elevado a 603.182 euros, frente a los 755.862 euros previstos inicialmente. La diferencia se debe fundamentalmente a los problemas encontrados en la tarea 3 y ya reseñados anteriormente (93.442 euros menos) y a la tarea 2, en la que se han realizado las tareas previstas pero a menor coste debido a las negociaciones llevadas a cabo por el Director del Proyecto (74.161 euros menos).

MATERIAL DURADERO

Aunque en un principio no estaba previsto que hubiera gastos en la partida de Infraestructuras, finalmente algunos socios han tenido que llevar a cabo ciertas pequeñas obras para la correcta instalación de las cabinas de control de calidad del aire. Consideramos que esos gastos están perfectamente justificados y por ello aparecen en las cuentas finales del proyecto. Respecto al gasto en equipos, como se puede ver se ha ajustado bastante bien a lo que estaba previsto.

MATERIAL CONSUMIBLE

El gasto final en material consumible ha ascendido a 37.912, apenas un 7% más de lo previsto. La diferencia está en que finalmente se realizó un muestreo de 110 días con el captador de alto volumen frente a los 60 que estaban previstos.

OTROS GASTOS

En esta partida se han incluido los gastos de edición de 5 monografías sobre los resultados obtenidos en el proyecto, la realización de una jornada de difusión en el Puerto de Castellón y la auditoría. La diferencia con lo previsto es que no ha hecho falta establecer una Garantía Bancaria.

GASTOS GENERALES

Este apartado ha ascendido finalmente a 114.066 euros. Dado que se trata de un gasto vinculado directamente a los gastos de personal, al aumentar éstos, los gastos generales también han sido superiores a los previstos. Incluso, como se puede ver en el informe financiero, los gastos generales reales vinculados con el proyecto han sido superiores a los aquí estipulados, pero se han reducido para no contravenir las normas de la Comisión y no exceder en más de un 10% los gastos inicialmente previstos.

CONCLUSIONES

La puesta en marcha de los distintos sistemas de seguimiento, control y predicción de la calidad del aire y niveles sonoros que constituyen el proyecto HADA, ha impulsado una nueva forma de enfrentar la gestión ambiental en las Autoridades Portuarias implicadas, que ahora disponen de herramientas y un estado de conocimiento sobre los efectos ambientales de determinadas operaciones que permiten adoptar una actitud diligente frente a los posibles impactos de las operaciones portuarias; tener acceso a información meteorológica, de concentración de partículas y gases, de niveles sonoros y de diagnósticos meteorológicos en tiempo real para el recinto portuario, facilita un seguimiento preciso de la influencia ambiental de las actividades portuarias.

Aun disponiendo de tales sistemas, existían lagunas importantes en el conocimiento real de los aspectos ambientales portuarios que pudieran alterar los niveles acústicos y de calidad del aire en su entorno; era necesaria una caracterización muy detallada de los graneles que constituyen los tráficos más frecuentes en los puertos del proyecto, así como de los focos de ruido más relevantes. Ello posibilita una rápida identificación de sus efectos y la identificación de las medidas de atenuación aplicables más efectivas. Se ha comprobado que la acción del tráfico pesado en los puertos graneleros, que disgrega el material depositado en los viales facilitando su resuspensión e incrementando la contribución directa de aquel, se ha mostrado una muy importante fuente de PM₁₀. La adopción de medidas dirigidas a disminuir la cantidad o el tiempo de depósito de material pulverulento en los viales y muelles, para evitar su resuspensión, así como para evitar las posibles pérdidas de material durante su transporte, podría tener efectos ambientales positivos inmediatos.

Sobre estas medidas de atenuación, el proyecto presenta una prolija recapitulación de los equipamientos e instalaciones de atenuación de impactos sonoros y atmosféricos, describiendo y aplicando una metodología de análisis de costes que estima el coste de la instalación y su mantenimiento, así como los costes asociados a su operación, la variación en los rendimientos, el coste relativo de las paradas técnicas, las mermas y las posibles bonificaciones por buenas prácticas ambientales, comparandola con el beneficio ambiental que produce su aplicación, identificándose medidas sencillas y económicas con un elevado rendimiento en la reducción de las emisiones. En concreto, la efectividad y permanencia del sellado de parvas con lignosulfonatos se situó en torno a un 45%, superiores a las conseguidas aplicando únicamente agua (aproximadamente un 30% con vientos similares) y con una permanencia en el sellado de semanas y hasta meses en el caso de parvas estacionarias. Para la atenuación de los impactos acústicos, se señalaron la utilización de pavimentos drenantes y las pantallas acústicas para paliar las emisiones debidas al tráfico rodado y a la circulación de trenes.

La predicción meteorológica introduce un nuevo criterio ambiental en la planificación de las operaciones de carga y descarga de graneles sólidos en los puertos, previendo las posibles consecuencias de las emisiones atmosféricas de las operaciones. Estas emisiones han sido objeto de estimación previa mediante el desarrollo del modelo EMIPORT, que permite al sector portuario disponer de un modelo de emisiones global, aplicable a distintos graneles y tecnologías de manipulación.

El sistema de toma de decisiones diseñado para el proyecto, emplea una metodología innovadora basada en el análisis estadístico Bayesiano y aprovecha la información meteorológica, sobre las operaciones portuarias y sobre los costes estimados de las medidas de atenuación disponibles, para sugerir la estrategia óptima de actuación frente a posibles episodios de contaminación atmosférica como consecuencia de la actividad portuaria. Esta estrategia será aquella que minimiza la función de pérdida, que representa el nivel de insatisfacción de la Autoridad Portuaria al registrarse una determinada concentración χ de PM₁₀ como consecuencia de haber tomado una decisión.

El octavo objetivo del código de conducta ambiental de la ESPO es “promover la monitorización mediante indicadores ambientales, con el fin de medir objetivamente el progreso reconocible de las prácticas ambientales en los puertos”. El proyecto HADA ha sido la implementación de este octavo objetivo en la gestión de la calidad del aire y el ruido en los ocho puertos implicados.

La economía de escala empleada en este proyecto debería ser utilizada en el ámbito Europeo no solo para la monitorización de la calidad del aire y los niveles sonoros en las áreas portuarias, sino también para el seguimiento de otros vectores ambientales, como la calidad del agua, la contaminación de suelos e, incluso, para la evaluación de los riesgos ambientales en recintos portuarios.

Madrid, 30 de septiembre de 2005.



Andrés Guerra
Director del Proyecto HADA
Puertos del Estado

ANEXO I: AFTER-LIFE COMMUNICATION PLAN

AFTER-LIFE PROJECT HADA COMMUNICATION PLAN

An effort like the one carried out in every one of the eight technical tasks that constitute the project HADA deserve, in a shared opinion, an important effort of diffusion of the obtained results.

The communication plan outlined below, is a consequence of both commitments acquired previously, and opportunities that have appeared for the communication of the project outcomes in the national and international levels.

Independently from future initiatives, and that will take place during 2006 and 2007, the four Universities implied in the project, as well as the Spanish Council of Scientific Research (CSIC) and the Research Center for Center Energy, Environment and Technology (CIEMAT), are writing up papers and giving speeches about the project's results in different meetings and conferences.

The first act of the communication plan is the organization of a technical workshop in the port of Tarragona to present the main results of the project: tools, networks, mathematical models and methodologies. During this day, the general results of the project will appear, but giving special attention to those reached in the campaigns carried out in the port of Tarragona, as well as the result of the application of the decision-making Bayesian system to the port operations. The companies analyzed during the study of the abatement facilities and methodologies will be invited to the workshop.

Later, it will be held another technical workshop, at the Puertos del Estado offices, on the use of the developed emissions and meteorological models, and on the maintenance of air quality and weather stations. In this workshop it will be explained the theoretical background of the making decision Bayesian system and the methodology of its implementation.

Associated to this one, another workshop on ports and air quality will be celebrated. During this workshop will be presented the most important results of the project and the set of five books with the technical reports of the project will be presented and delivered to the assistants. These five books are the following:

1. Atmospheric modeling. The EMIPORT emissions model.
2. Making decision system for the environmental surveillance of port activities.
3. Solid Bulks characterization
4. Guidelines on good practices and abatement techniques of the port activities atmospheric emissions
5. Surveillance, evaluation and control of sound levels in port areas

This set of five books will be object of a wide diffusion: Spanish and Latin-American port Authorities and port Administrations, Universities, Research Centers, private companies and other stakeholders will receive this issue.

In few months will be ready an English version of the set of books, and it will be sent to several European Port Authorities, European Universities and European Organizations (European Sea Ports Organization (ESPO), ECOPORTS Foundation, Federation of European Private Operators (FEPORT)) as well as international organizations (International Navigation Association (PIANC), International Association of Ports and Harbors (IAPH).

It is worth to mention that Puertos del Estado and the Port of Santander, in collaboration with the CSIC and the CIEMAT, have acquired the commitment of organizing the 2nd International

Conference of Harbors and Air Quality. This commitment is because the very favorable welcome which had the results of HADA project in the 1st International Conference, which took place in Genoa last June, and of the interest of Puertos del Estado in separating the episodes of atmospheric contamination characteristic of the ports, of those produced by shipping. So, the conference will be organized in parallel rooms treating, as far as possible, the environmental effects of the ships and the ports separately.

In addition, the web page of Puertos del Estado (www.puertos.es), will host all the technical reports generated during the different tasks of project HADA, pdf versions of the five books set and the different PowerPoint presentations made until today.

Despite the previous, the project is currently being presented, and it will be presented in all those forums to which we are invited; for instance, in the Third Latin American Encounter of Sustainable Development, that took place in City of Panama (Panama), the last November 16, 17, and 18, Puertos del Estado presented a communication titled "Harbor planning and management: some criteria of eco-efficiency", in which it was made explicit mention of the project and its results.

For Puertos del Estado it is an obligation to release the techniques, methodologies and models generated during the three years of the HADA project, sharing the acquired know-how and applying it to prevent and control different environmental aspects which can affect other environmental vectors (water, soil), consequence of the most important commercial and industrial activities that take place in the sea ports.

**ANEXO II: ANALYSIS OF THE LONG-TERM BENEFITS OF THE
PROJECT**

ANALYSIS OF THE LONG-TERM BENEFITS OF THE PROJECT

Among the main environmental objectives which the EU port sector aim to achieve (the so-called “Ten Commandments”) and following the European Sea Ports Organization Environmental Policy Code, it can be found “To promote monitoring, based on environmental performance indicators, as recommended by the 2001 ESPO Environmental Review, in order to measure objectively identifiable progress in environmental port practices”.

The main reason of this recommendation can be found too in the ESPO Environmental Policy Code: “To contribute to the development of a sustainable logistic chain, as ports are key elements of the Trans-European Network” and, very important “To generate new knowledge and technology and to *develop sustainable techniques* which combine environmental effectiveness and cost efficiency. The aim is to achieve *self-regulation* and develop a *bottom-up approach*. Even if the EU decides to issue environmental regulations, the existing self-regulatory instruments, developed by the port sector itself and which address day-to-day practice, will provide a port-accepted background to be used as a basis for EU environmental policy. This will enable EU legislation to be more easily supported and implemented”.

This is the HADA project ultimate purpose, at least from the point of view of noise high levels and air quality degradation prevention: to achieve self-regulation in a bottom-up approach, through the availability, in the involved harbors, of monitoring systems, air quality forecast, making-decision systems, abatement techniques and noise levels surveillance. And the long-term benefits of the HADA system will be, as above is mentioned, to make easy the EU legislation implementation in the European port sector.

As a consequence of the project, Puertos del Estado, which has a sound experience in meteorological and oceanographical measurements networks management, will assume the exploitation and maintenance of the new Port Air Quality Network (Red de muestreo de contaminantes atmosféricos portuarios, REMCAP), and, in the next future, of the Acoustic Monitoring Network (Red Acústica Portuaria, RAP) in close collaboration with the Spanish port Authorities.

Regarding the MARPOL 73/78 convention and its annex VI, which limits the emission of ozone-depleting substances, NO_x, SO_x and Volatic Organic Compounds, and taking into account as well the Directive 2005/33 on sulphur content of marine fuels, the availability of air quality stations in the sea ports, provided with PM₁₀, NO_x, SO_x and CO monitors, will make possible to the Port Authorities to estimate the gas emissions from the moored or manoeuvring vessels stacks.

Besides, the air quality models will inform about the impact of such emissions on the surrounded areas, allowing its forecast.

Nowadays, the Spanish Port System is working on a set of standards to regulate the tax discounts to the ships owners and port tenants, in order to foster environmental good practices, including those related with air quality and noise. The monitoring of gases, dust and noise will be necessary to check the actual influence of such discounts.

Many Spanish and European ports are implementing both ISO 14000 and EMAS environmental management systems. To verify the commitment of continuous improvement, it is necessary to have specific environmental indicators: the records obtained from the different air quality and noise level monitors will provide a good set of indicators on the influence of the port industry and shipping in both environmental vectors.

The availability of forecast models will allow introducing environmental criteria in the port operations planning, making easy the prevention of high pollution episodes in the port and surrounding area.

Finally, the Spanish Environment Ministry is analyzing the methodology of noise mapping implemented in the port of Bilbao in order to recommend it as a standard methodology for the port sector. This implies the creation of a level playing field for the entire Spanish port sector limiting poor environmental practice as a competitive factor between port administrations.

“If you can’t measure it, you can’t manage it”. This very known aphorism is at the background of the HADA project. The benefits of a good environmental management based on real time records, in the ports involved in the project and in those others which are applying the HADA methodology, will be certainly measurable in a medium and long term.

**ANEXO III: FOTOGRAFÍAS, GRÁFICAS E IMÁGENES DEL
PROYECTO HADA**



hada

Tarea 1: monitorización I



E. C. C. A.s : Puertos de Cartagena y Tarragona



E. C. C. A.s : Puertos de A Coruña y Huelva

Tarea 1: monitorización II



E. C. C. A.s : Puertos de Valencia y Santander



E. C. C. A.: Puerto de Bilbao

Tarea 1: monitorización III



Monitor de BTX
(puerto de Barcelona)



Captador de Alto Volumen
(puerto de Tarragona)



Espectrómetro láser del
puerto de Barcelona.



Captador de Alto
Volumen, espectrómetro
láser y E.C.C.A. del
puerto de Tarragona.

Tarea 1: monitorización IV

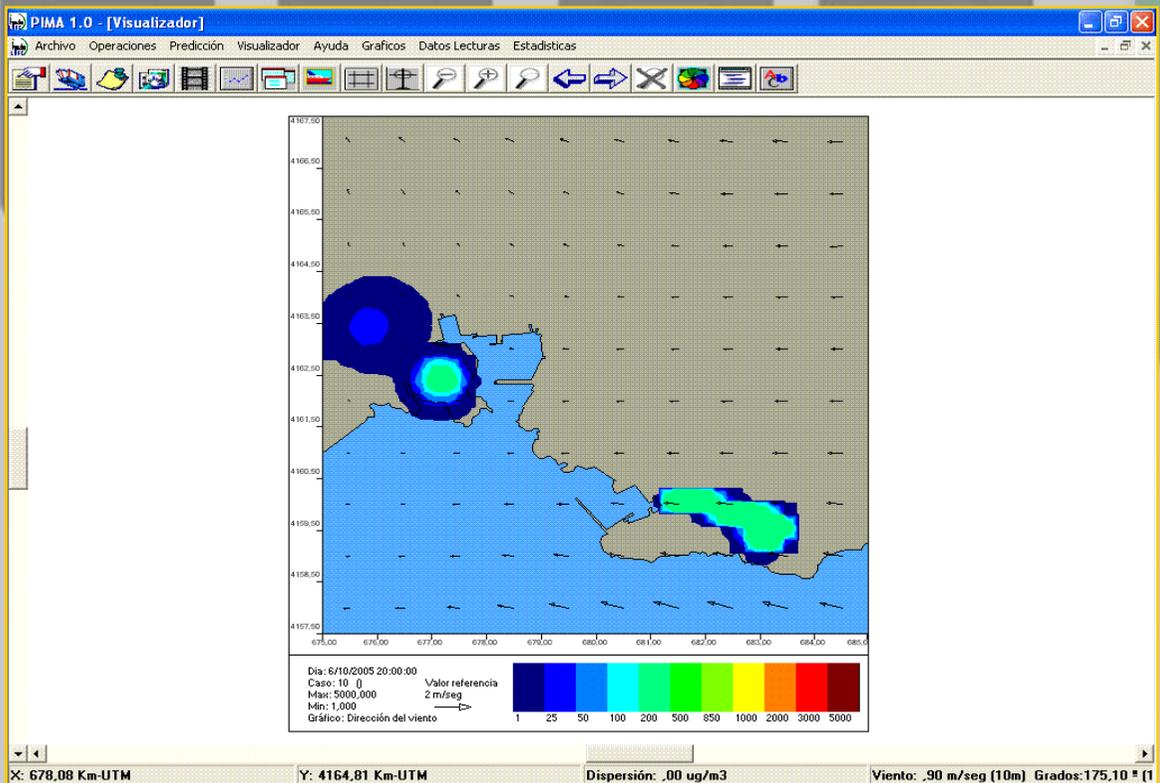
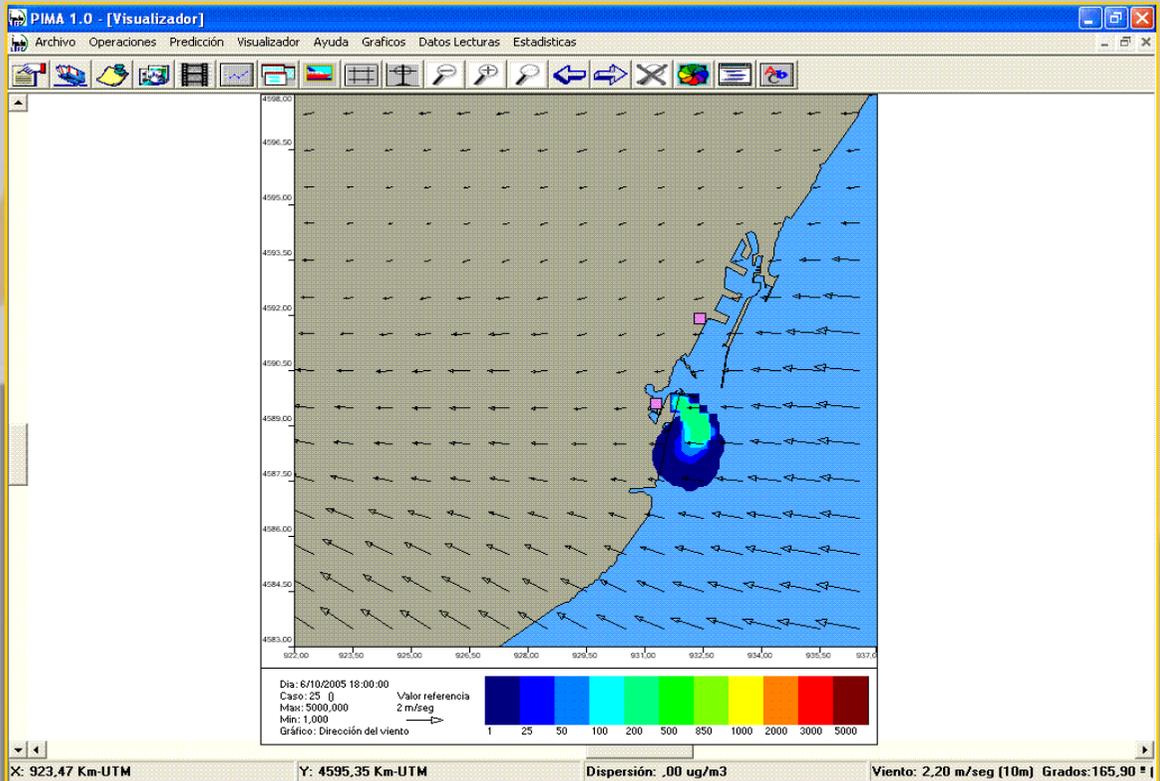


E. M. A. s.: Puertos de Bilbao, Cartagena y A Coruña



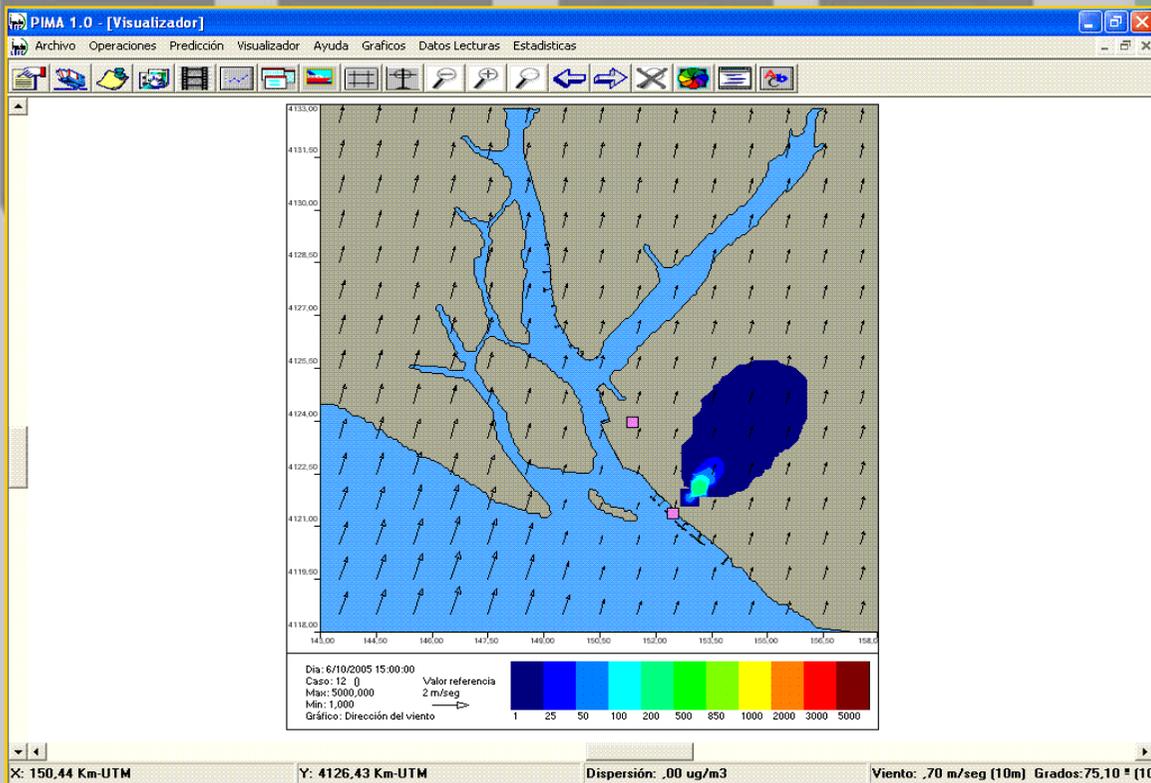
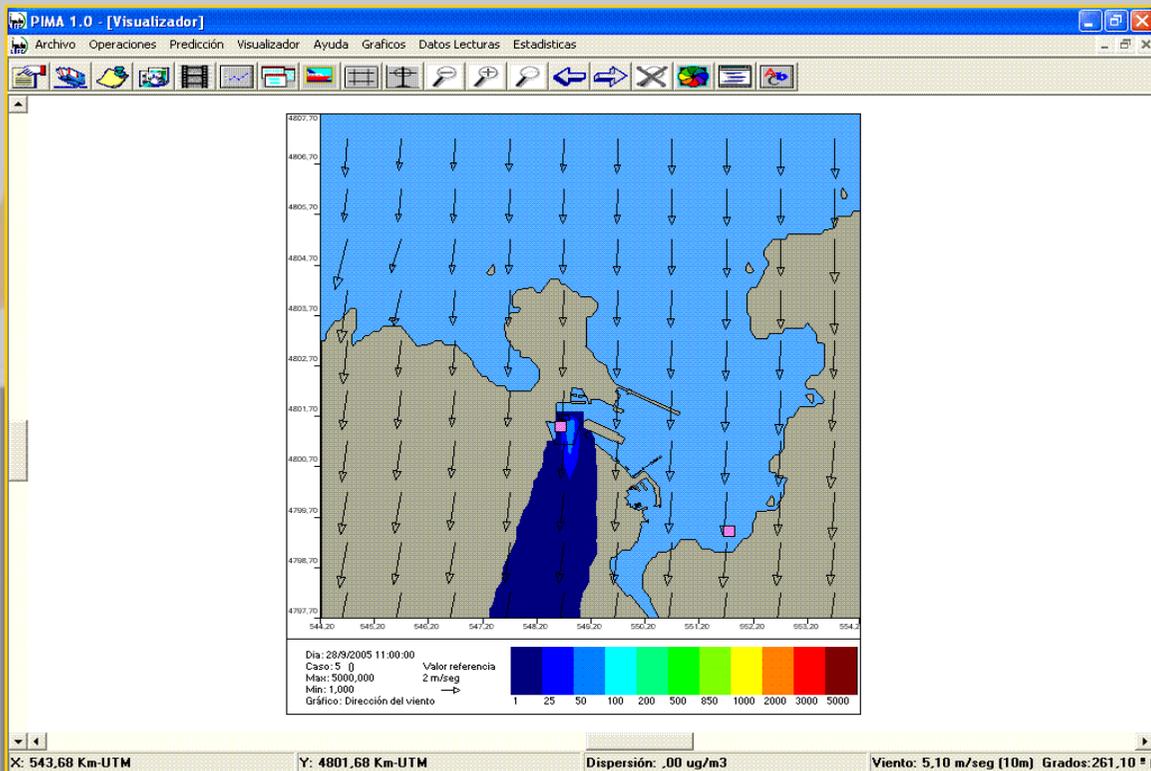
E. M. A. s.: Puertos de Huelva, Santander y Tarragona

Tarea 2: modelización I



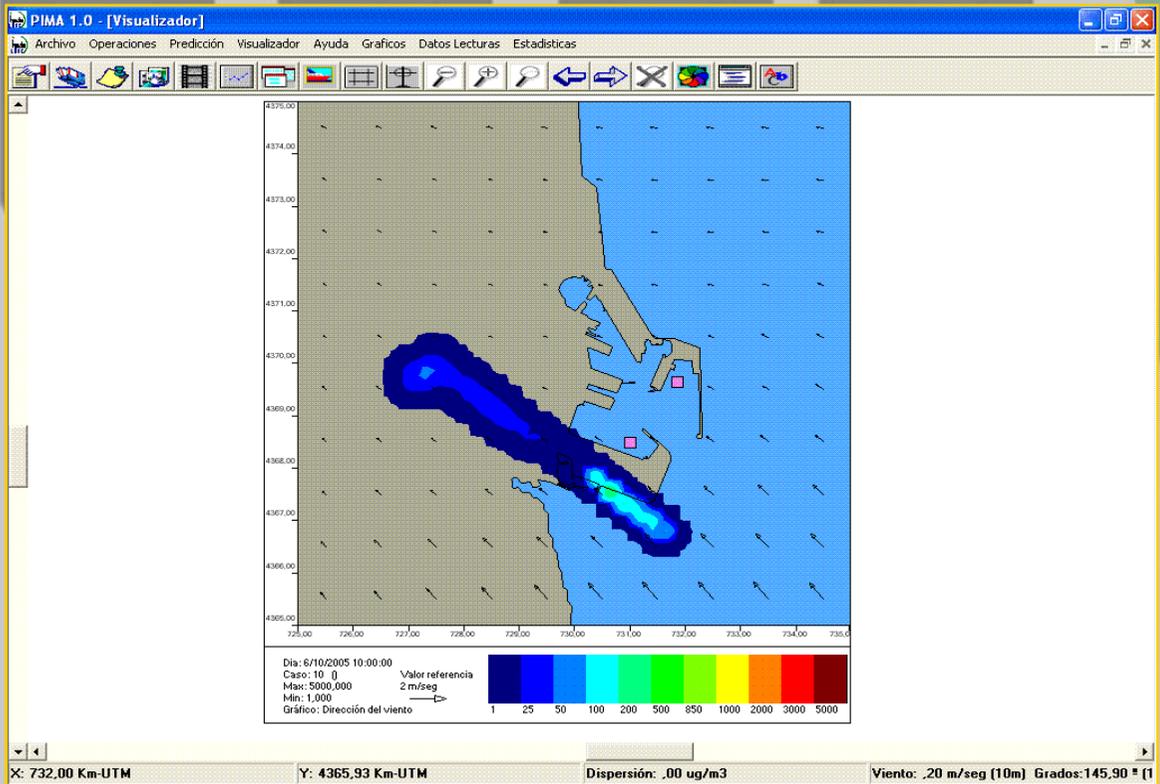
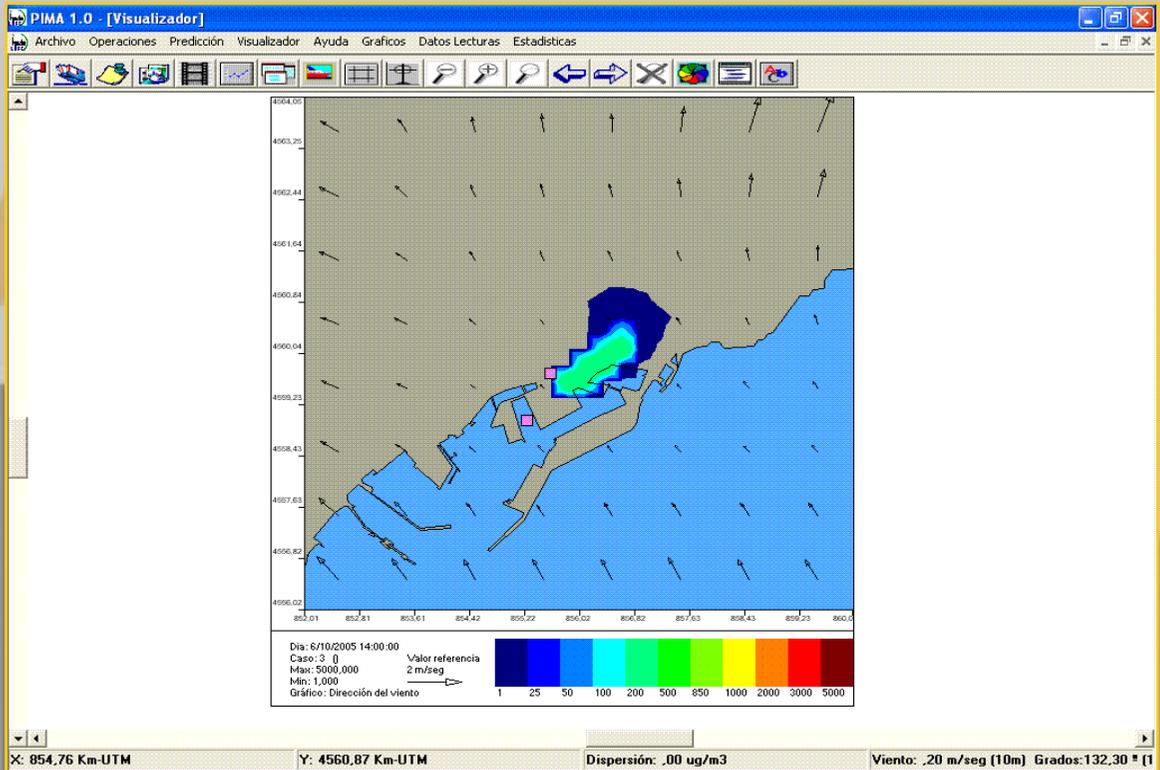
Simulación del modelo PORTPUFF.
Puertos de Tarragona y Cartagena.

Tarea 2: modelización II



Simulación del modelo PORTPUFF.
Puertos de A Coruña y Huelva.

Tarea 2: modelización III

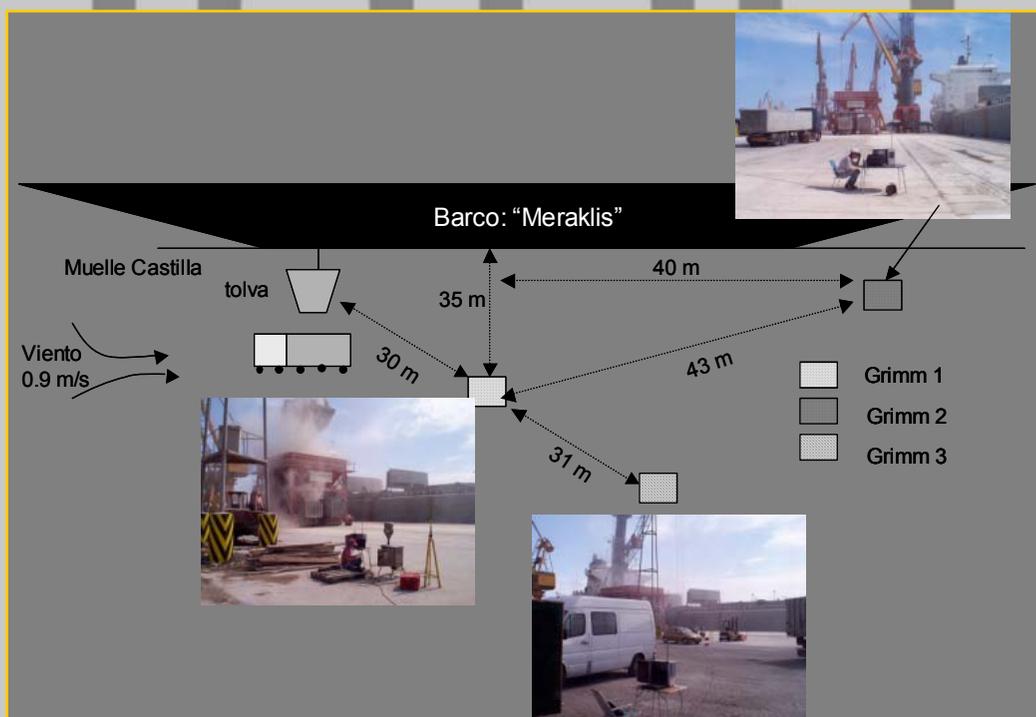


Simulación del modelo PORTPUFF.
Puertos de Tarragona y Valencia.

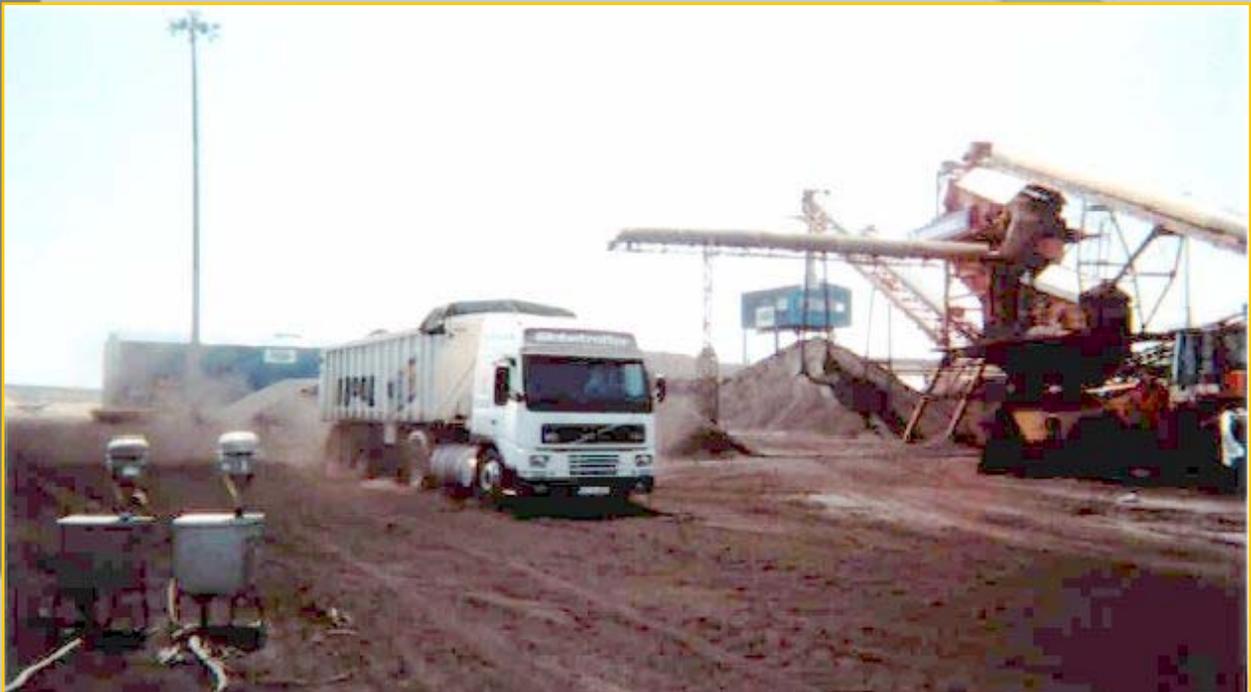
Tarea 6: campañas I



Muestreo de tapioca, buque "Meraklis", muelle de Castilla (puerto de Tarragona)



Tarea 6: campañas III



Distintos muestreos. Puerto de Tarragona



Tarea 6: campañas II

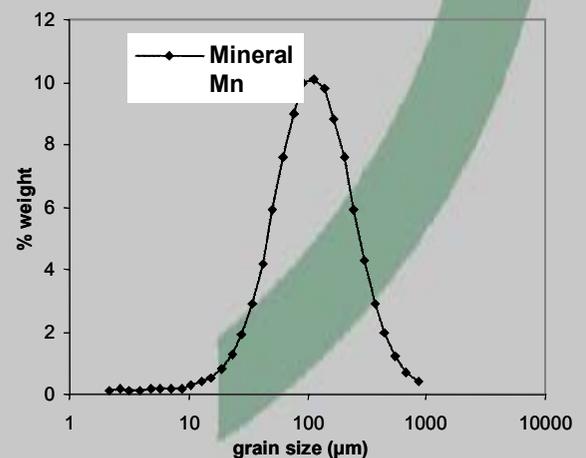
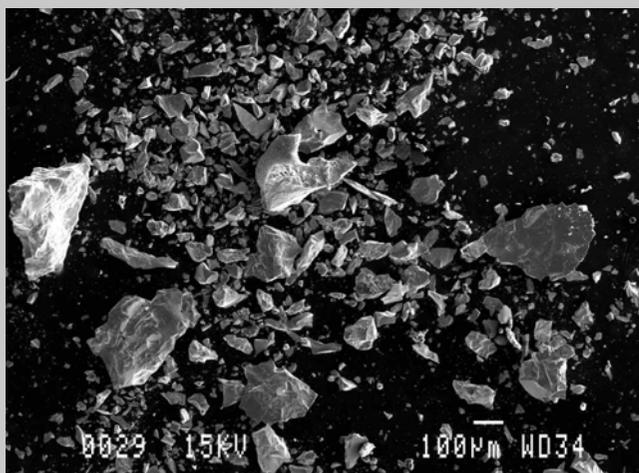
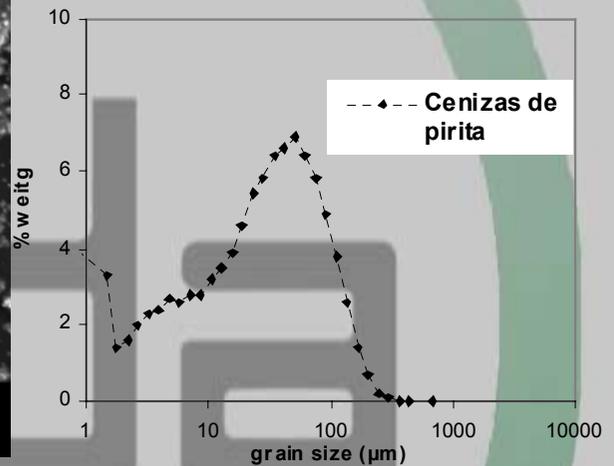
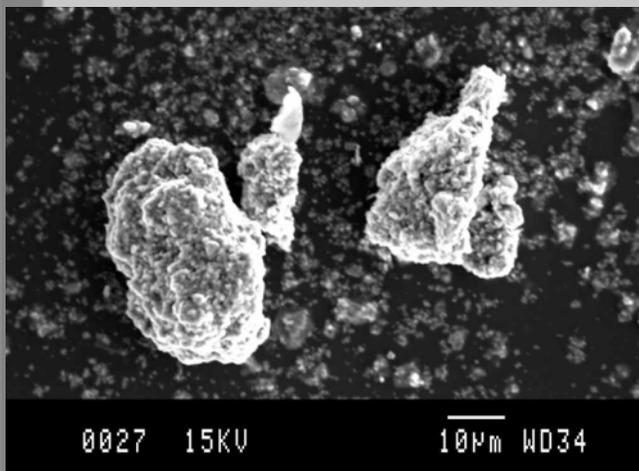
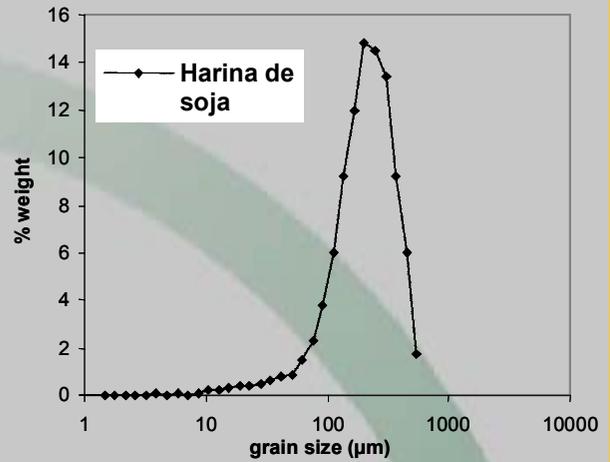
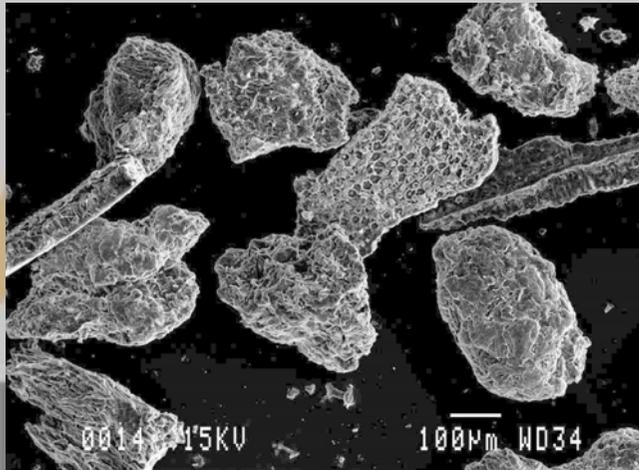


Captador de alto volumen y E.C.C.A. para las campañas del puerto de Cartagena.



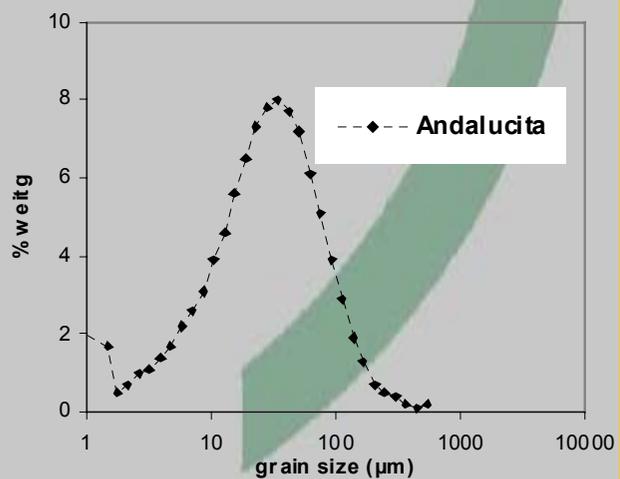
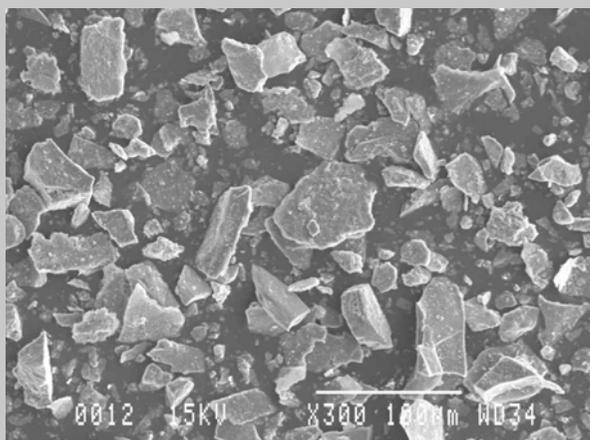
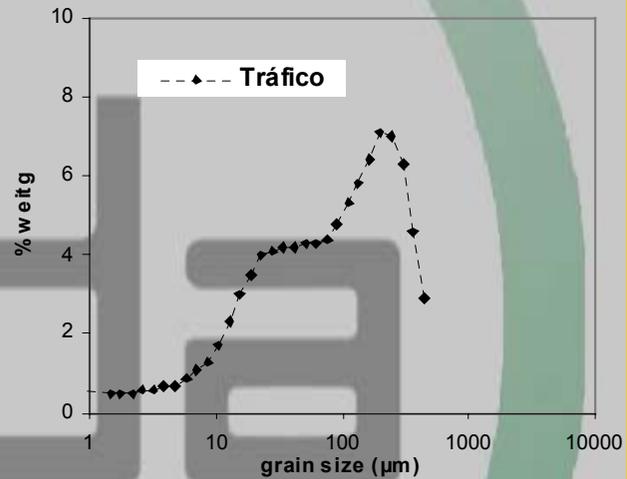
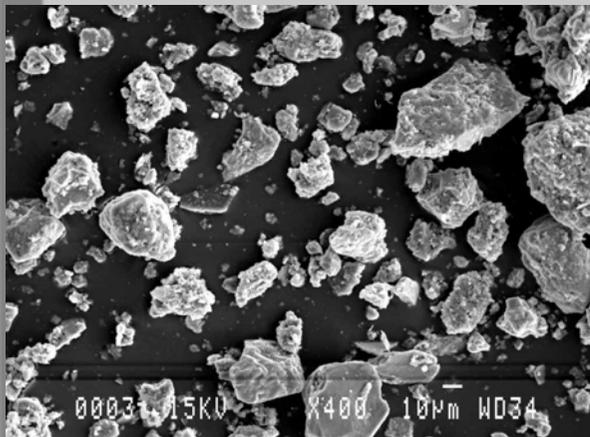
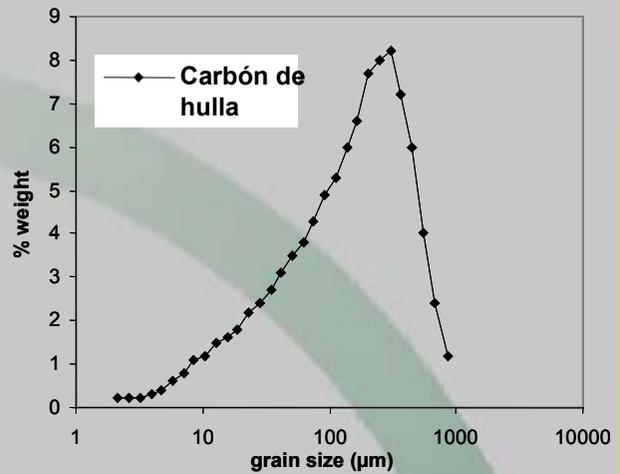
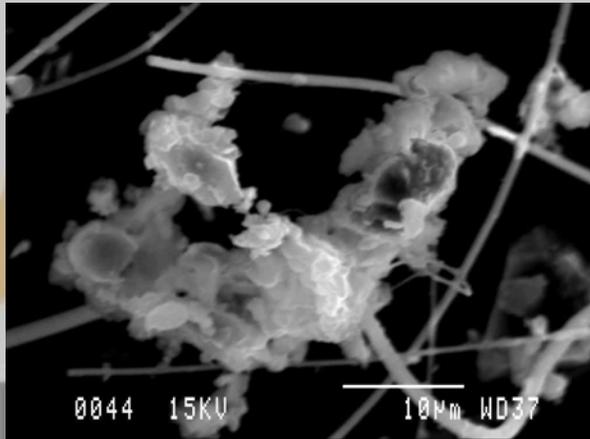
Muestreo de clinker, buque “General Vladimir Zaimov” (puerto de Tarragona)

Tarea 6: campañas IV



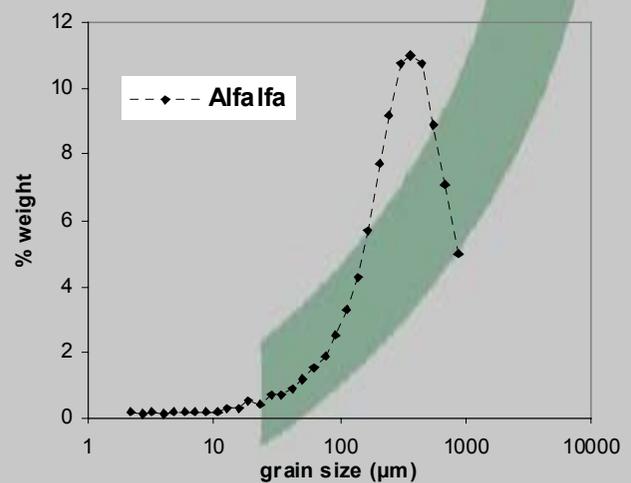
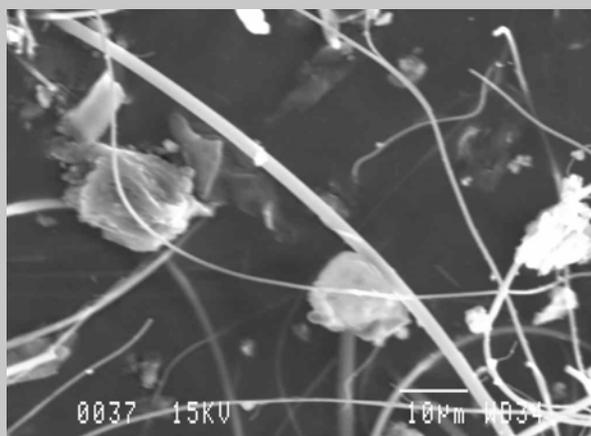
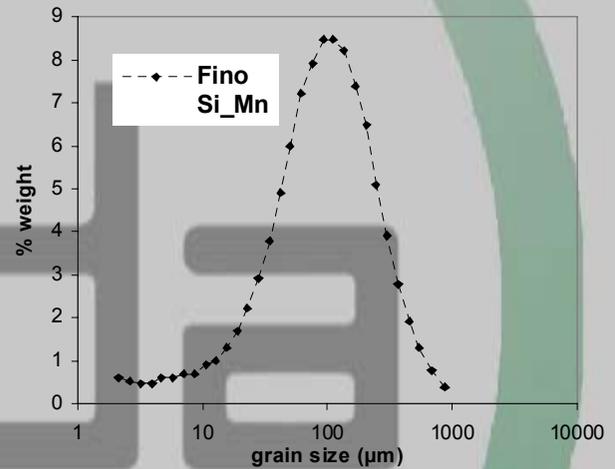
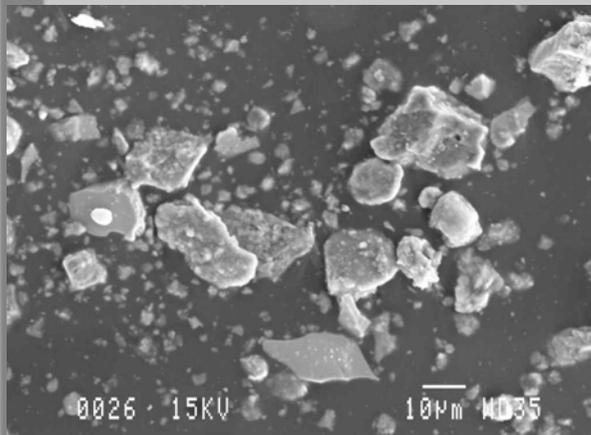
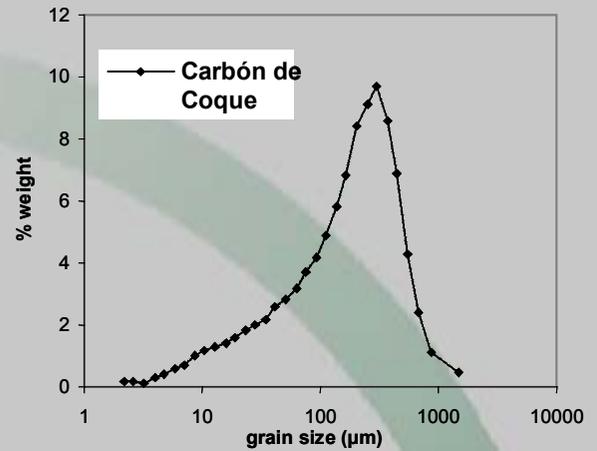
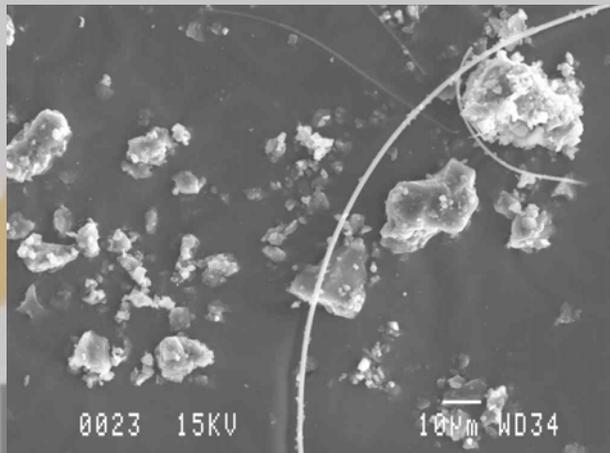
Microfotografía y distribución granulométrica de la harina de soja, cenizas de piritita y mineral de manganeso.

Tarea 6: campañas V



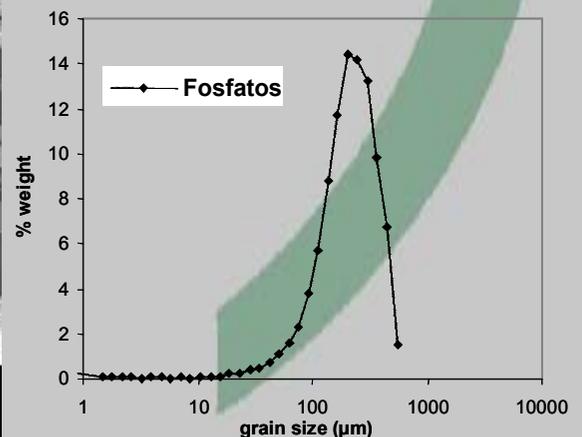
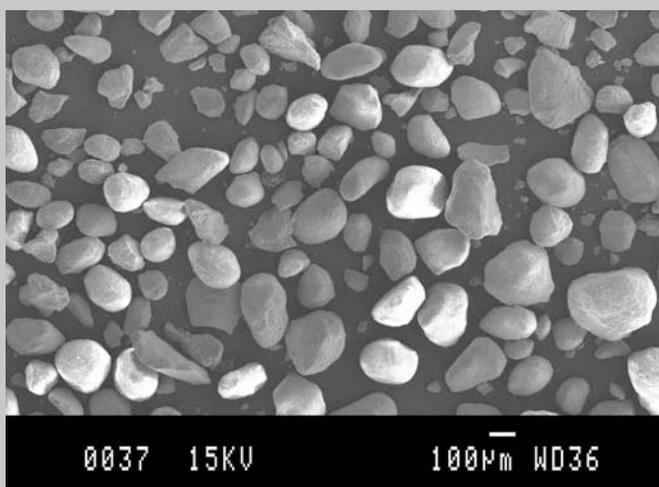
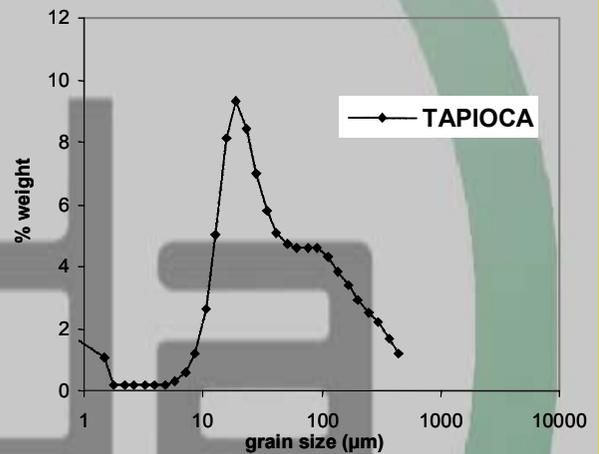
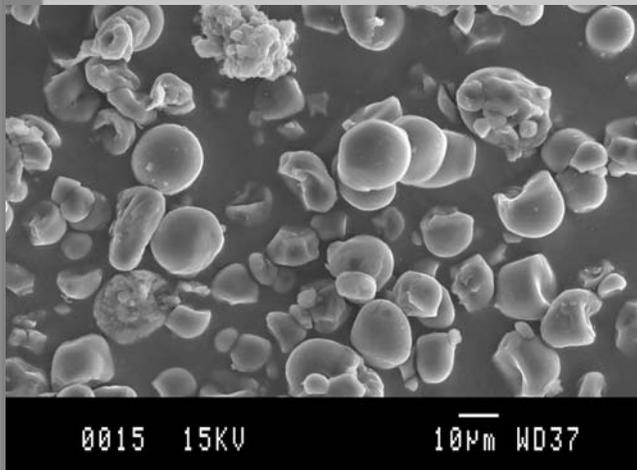
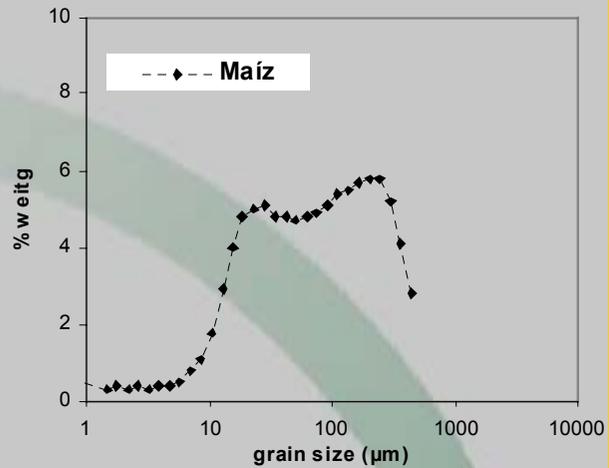
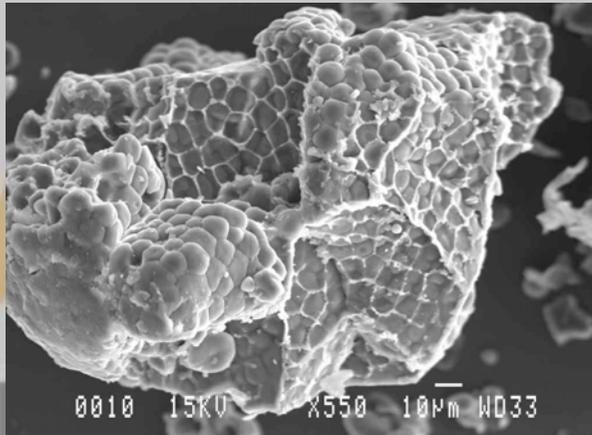
Microfotografía y distribución granulométrica del carbón de hulla, tráfico y andalucita.

Tarea 6: campañas VI



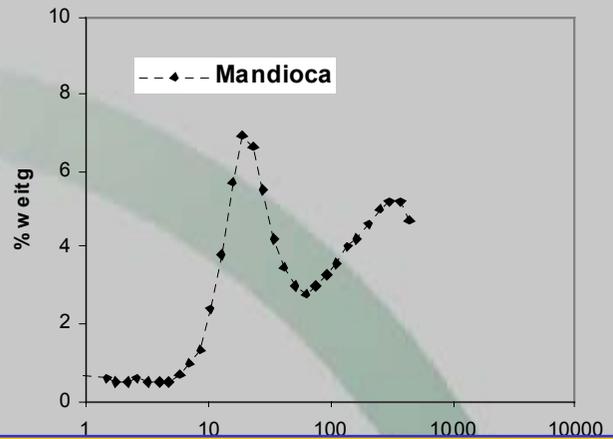
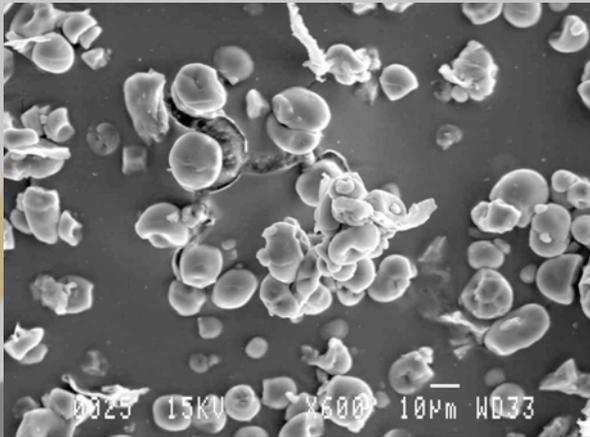
Microfotografía y distribución granulométrica del carbón de coque, Finos de silico-manganeso y alfalfa.

Tarea 6: campañas VII

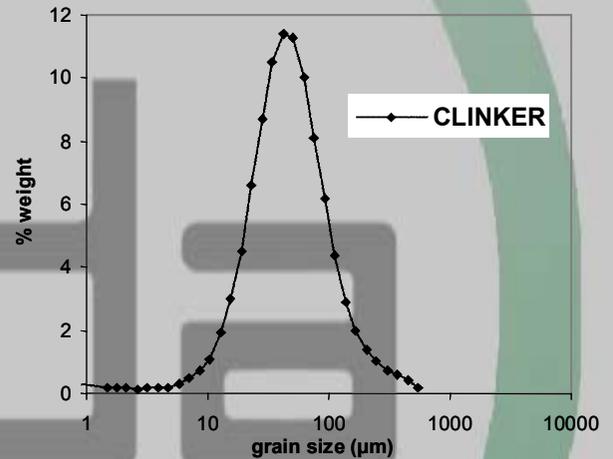
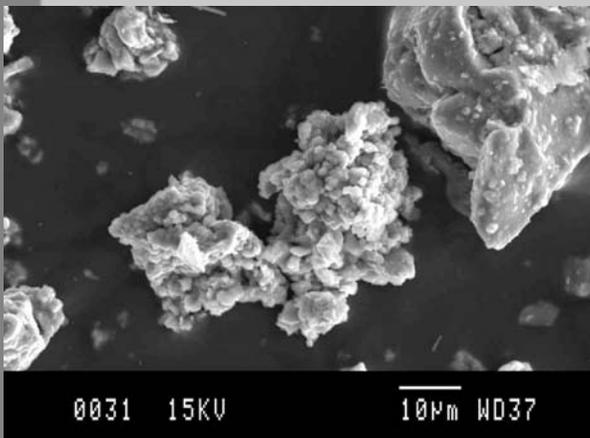


Microfotografía y distribución granulométrica del maíz, tapioca y fosfatos.

Tarea 6: campañas VIII



Microfotografía y distribución granulométrica de la mandioca.



Microfotografía y distribución granulométrica del clinker y muestreo mediante 3 espectrómetros láser y un captador de alto volumen, del clinker descargado en el muelle de Navarra (puerto de Tarragona).



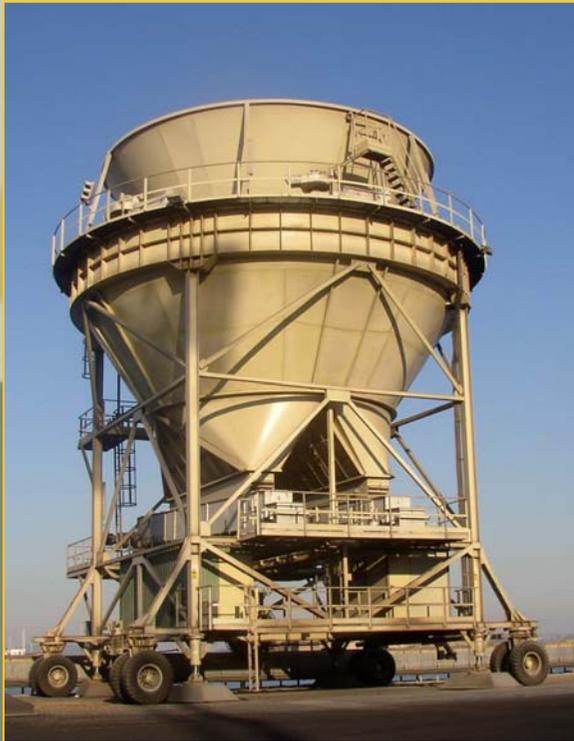
Tarea 7: atenuación I



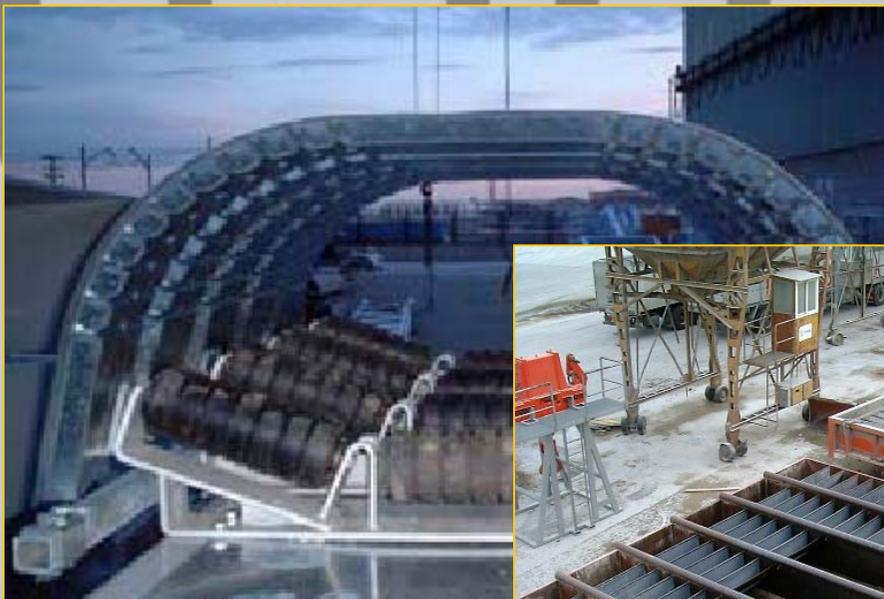
Sistemas de riego y sellado



Tarea 7: atenuación II

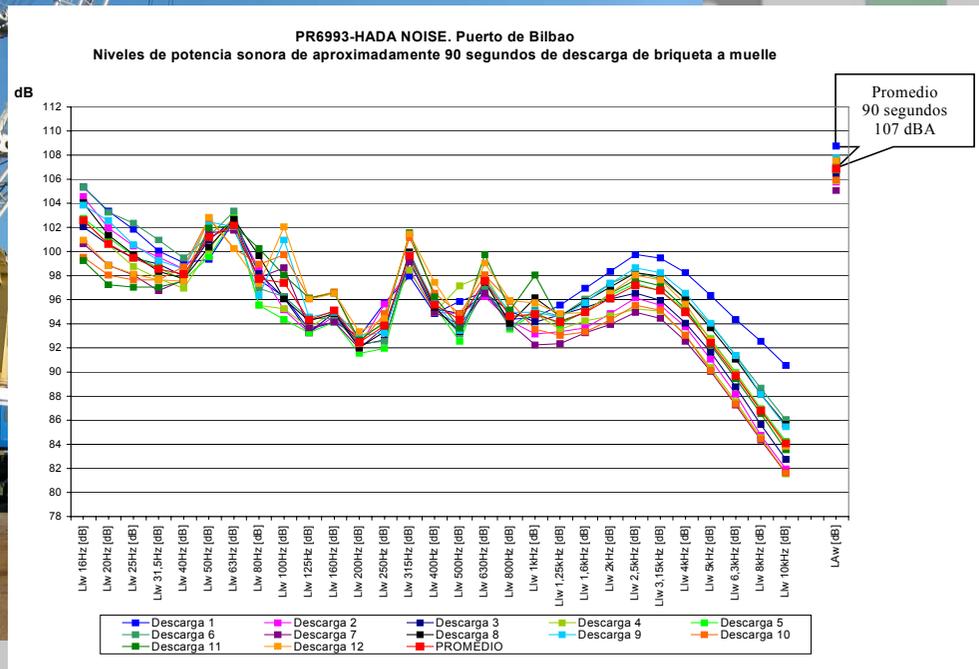
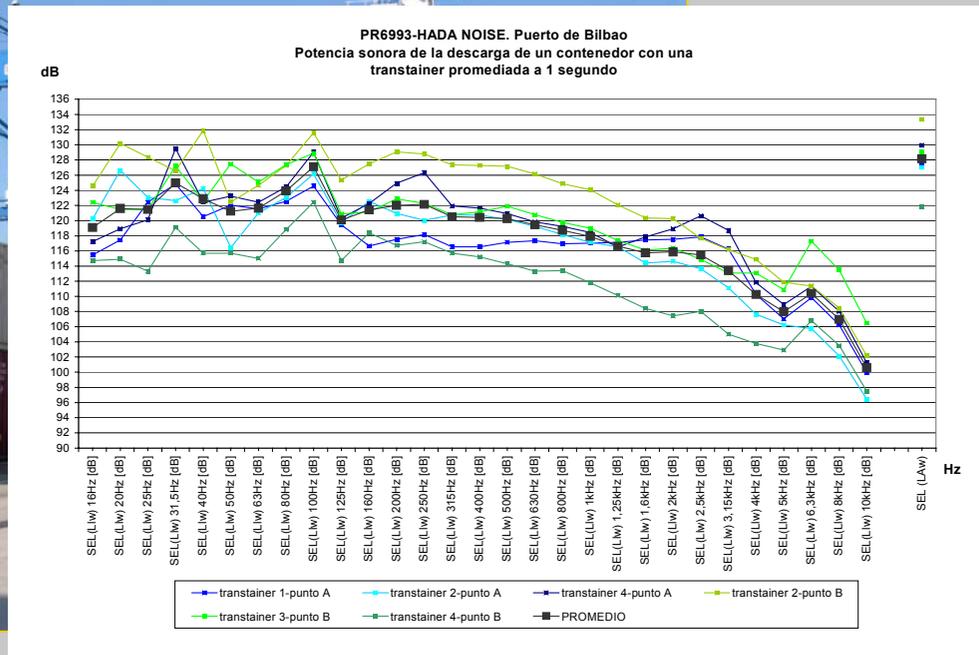


Tolva ecológica y canaleta (puertos de A Coruña y Bilbao)



Cintas capotadas y flex-flap.

Tarea 8: caracterización I

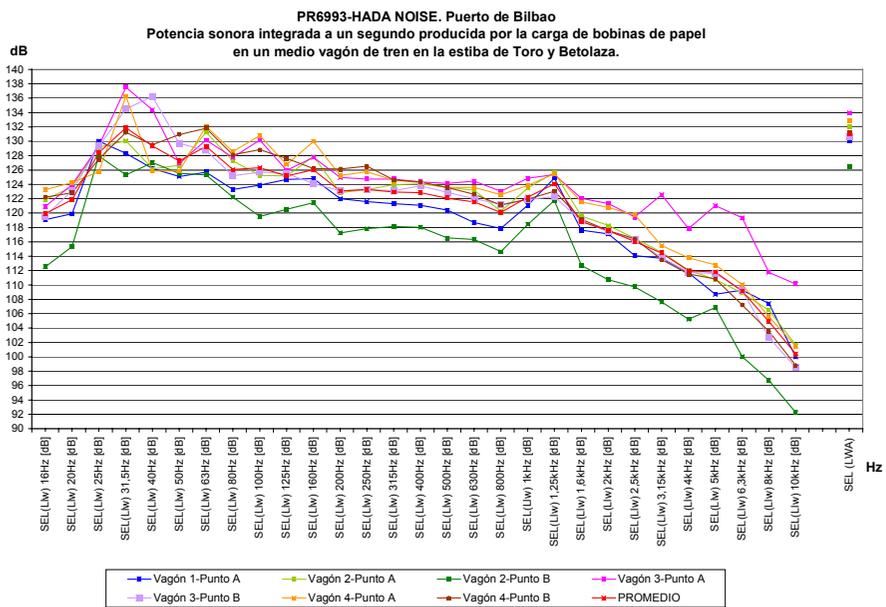
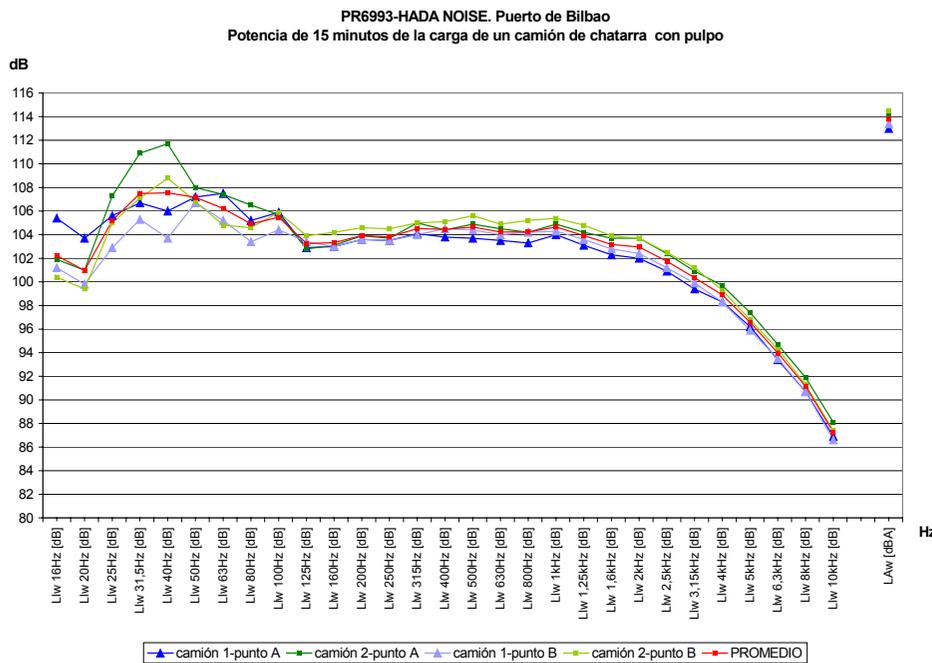


Caracterización acústica de focos. Descarga de un contenedor y descarga de briqueta a muelle.

Tarea 8: caracterización II

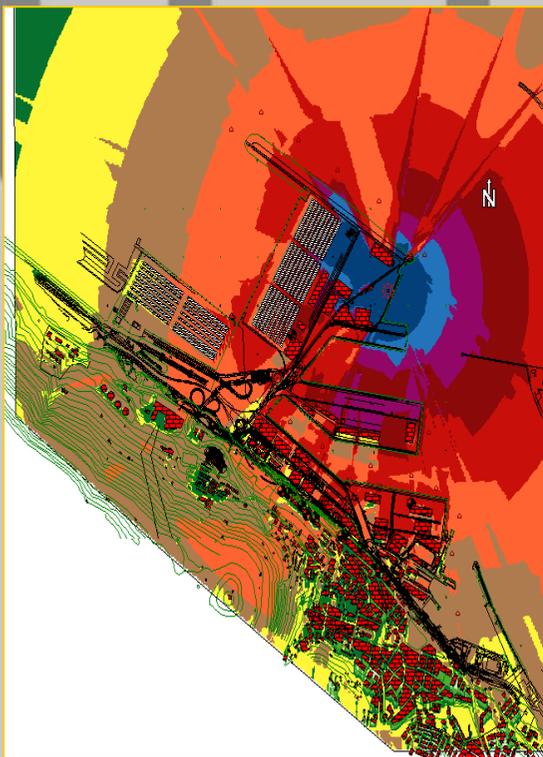
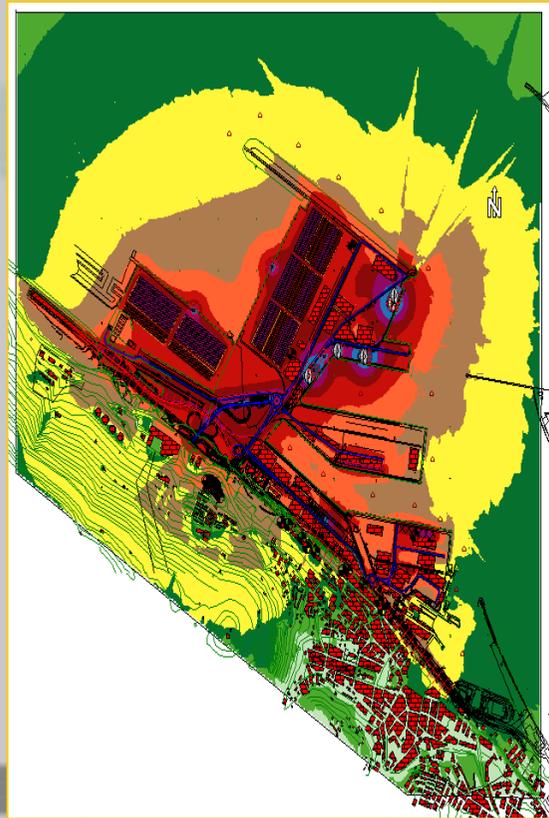
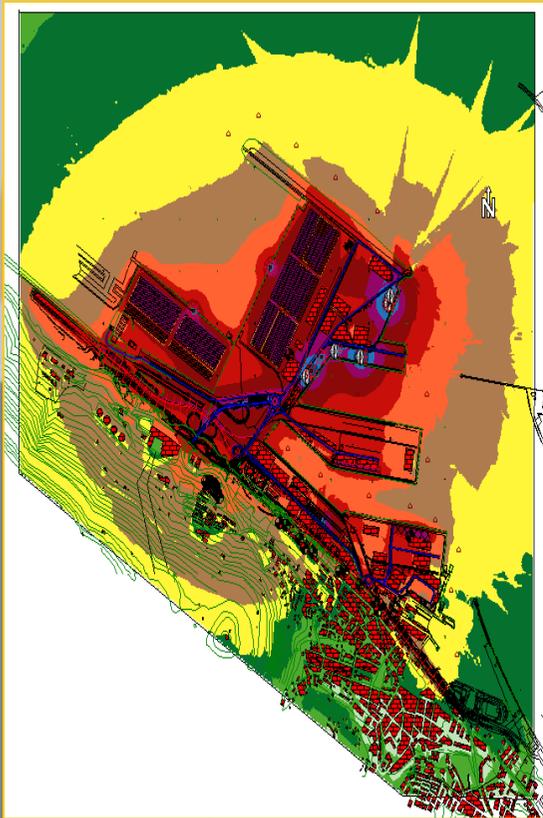


Caracterización de focos. Puerto de Bilbao.



Caracterización acústica de focos. Carga de camión de chatarra y carga de bobinas de papel a tren con fenwick.

Tarea 8: mapa de ruidos



Mapas de ruido del puerto de Bilbao. Distintos escenarios.