

INTEGRACIÓN DE INDICADORES MEDIOAMBIENTALES Y DE DESEMPEÑO OPERACIONAL EN TERMINALES DE GRANELES SÓLIDOS SUCIOS DEL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL

TERESA SAMANÉS

teresasamanes@gmail.com

*Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Civil. Transportes
Calle Ramiro de Maeztu, 7 28040 Madrid (España)*

MARÍA NICOLETTA GONZÁLEZ CANCELAS

nicoleta.gcancelas@upm.es

*Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Civil. Transportes
Calle Ramiro de Maeztu, 7 28040 Madrid (España)*

BEATRIZ MOLINA SERRANO

beatriz.molinas@alumnos.upm.es

*Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Civil. Transportes
Calle Ramiro de Maeztu, 7 28040 Madrid (España)*

Recibido (02/04/2019)

Revisado (29/07/2019)

Aceptado (03/10/2019)

RESUMEN: Se debe entender la gestión sostenible del sector portuario como aquella que permita aumentar el volumen de tráfico de mercancía y número de pasajeros, disminuyendo a su vez el consumo de energía y recursos naturales, el volumen de residuos generados y los impactos negativos a los sistemas sociales y ecosistemas en las áreas de influencia del puerto. Para realizar una gestión sostenible es necesario un estudio previo y deducir una serie de comportamientos y tendencias para proponer soluciones o alternativas. Por ello en la investigación se ha realizado una integración de indicadores medioambientales e indicadores de desempeño operacional (KPIs) particularizado para graneles sólidos sucios. Para representar todo el sistema portuario español se han escogido seis terminales representativas, de forma que una vez definida nuestra lista de indicadores se ha realizado un estudio de comportamiento e interrelación de unos parámetros con otros para conseguir describir unas tendencias o comportamientos, realizándose también un análisis Clúster. A través del estudio que relacionando las componentes medioambientales y los indicadores de gestión y explotación se observa, a priori, que las terminales de graneles sólidos del sistema portuario español que se comportan parecido respecto a la relación gestión Vs medioambiente son las terminales de Santander, Carboneras, Tarragona y A Coruña. Siendo Gijón y Algeciras las terminales que presentan comportamiento diferentes.

Palabras clave: Graneles sólidos; análisis Clúster; KPI; indicadores medioambientales; indicadores de desempeño operacional

ABSTRACT: The sustainable management of the port sector must be understood as one that allows increasing the volume of merchandise traffic and number of passengers, while reducing the consumption of energy and natural resources, the volume of waste generated and the negative impacts on social systems and ecosystems in the influence areas of the port. To carry out a sustainable management, it is necessary a previous study and deduce a series of behaviors and tendencies to propose solutions or alternatives. For this reason, in the research an integration of environmental indicators and operational performance indicators (KPIs) has been made, particularly for dirty solid bulk. To represent the entire Spanish port system, six representative terminals have been chosen, so that once our list of indicators has been defined, a study of behavior and interrelation of some parameters with others has been carried out in order to describe trends or behaviors and an analysis Cluster. Through the study that relating the environmental components and the management and operation indicators, it is observed, a priori, that the solid bulk terminals of the Spanish port system that behave similarly to the environmental management Vs relationship are Santander terminals, Carboneras, Tarragona and A Coruña. Gijón and Algeciras are the terminals that exhibit different behavior.

Keywords: Solid bulk; Cluster analysis; KPI; environmental indicators; operational performance indicators

1. Introducción

La actividad portuaria contribuye a la independencia económica de las naciones y representa un factor estratégico en su comercio internacional. Los puertos contribuyen al desarrollo de los países, no sólo por el hecho de jugar un papel esencial en el tráfico exterior, sino porque también actúan como promotores del crecimiento de las áreas en las que están emplazados, promueven determinados tráficos, generan ingresos para las arcas del estado (tasas portuarias), crean empleo, etc. (1)

La tendencia, sin embargo, apunta a que la función de los puertos deberá exceder con creces la de proporcionar servicios al buque y a la carga. Aunque actuar como interfase entre el medio marítimo y el terrestre siga siendo su rol primordial, los puertos tienden cada vez más a integrarse en las cadenas logísticas de producción, transporte y distribución y en convertirse en verdaderos centros de valor añadido (2), de tal manera que actúan no como un mero eslabón más de la cadena del transporte sino que conforman un entorno productivo y logístico de gran importancia, en los se realizan actividades industriales, turísticas, de negocios, etc. que van mucho más allá del simple intercambio modal. Esto hace que, además de los mayores centros de intercambio modal que existen, los puertos sean puntos estratégicos en el actual sistema de producción, transporte y comercio mundial (3).

En los últimos tiempos, en especial desde 2005, mucho se viene hablando en el entorno portuario de la necesidad de sostenibilidad en la gestión y explotación portuaria, los sistemas de producción, distribución y servicios, en general, se ha visto obligados a plantearse la introducción de criterios de sostenibilidad dado el incremento de interés social, y por ende, gubernamental, sobre estas cuestiones (4).

También en las últimas décadas se ha producido una intensificación de la competencia entre puertos y una especialización de las operaciones, de tal manera que la unidad operativa básica no es ya el puerto en su conjunto sino las terminales de carga, ubicadas dentro de la zona de servicios portuaria y especializada en un determinado tipo de tráfico. Esta especialización ha llevado a los operadores internacionales de terminales a extender su actividad por todo el mundo (5).

En la actualidad el comercio mundial está estructurado globalmente, y se basa en servicios que se prestan de forma individualizada, pero coordinados entre sí (6). Los puertos figuran como plataformas de operaciones, que no se limitan únicamente a los buques. Ello significa que las empresas trasladarán sus actividades allá donde se concentre el capital humano y físico necesario para su negocio. En muchos casos serán la disponibilidad de personal cualificado y la calidad de las telecomunicaciones aspectos absolutamente imprescindibles en la elección de un puerto. Indudablemente también lo serán las infraestructuras, el transporte y la energía (7).

Al igual que ocurre en las ciudades, estos elementos que se acaban de enumerar no actúan por separado, sino que están interconectados y se deben entender en todo el conjunto del sistema portuario. De hecho, en los puertos existe un nivel de interrelación mucho más estrecho que en las ciudades. Los problemas que se produzcan en el transporte, las comunicaciones o los suministros pueden afectar gravemente a las actividades diarias de muchos sectores, y por este motivo es deseable que existan las mayores garantías de mínimo riesgo. Más claramente aún de lo que se acaba de ver en las ciudades, las mejoras que se adopten en los puertos suponen aumento notable en la competitividad por tratarse de un entorno casi exclusivo de negocio (8).

Los puertos desarrollan una actividad de interés público sirviendo al comercio internacional y a beneficiar la economía de los estados. Su desarrollo potencia el crecimiento económico de amplias áreas costeras y por todo ello juegan una función social creando empleo y riqueza en sus zonas de influencia. Por todo ello los puertos ejercen una función pública en la cual la administración del Estado al que pertenecen debe intervenir (9). A estos se suman los requisitos de las administraciones públicas y la sociedad en general que centran sus exigencias en otro tipo de aspectos como son la seguridad y el respeto al medio ambiente. La industria portuaria está bajo estrés: presenta incertidumbres importantes, cambios tectónicos en su funcionamiento, riesgos al alza y beneficios a la baja y, posiblemente, requiera pronto de formas diferentes de asociaciones público-privadas y de gobernanza portuaria. Los motivos por

los cuales se observa un estrés generalizado (es decir, tanto en el sector gubernamental como en el privado) corresponden a la interacción de factores endógenos y exógenos (10).

En la mayoría de las ocasiones los puertos ocupan suelos urbano-litorales, lo que aumenta la incidencia del entorno y la necesidad del puerto de responder a cuestiones de índole medioambiental. Las Autoridades Portuarias han asumido un papel impulsor y de vigilancia de estas cuestiones. Parece necesario, por tanto, introducir los principios del desarrollo sostenible en la planificación, construcción y explotación de los puertos españoles, en este artículo se tratará la parte de la explotación.

La gran preocupación de los puertos por “ser los mejores” con objeto de captar el mayor tráfico posible, ha ido generando en los últimos años diferentes iniciativas, no sólo por impulsar un mayor desarrollo a nivel de operaciones portuarias, donde sin duda la tecnología actual y emergente están dirigiendo sus esfuerzos, sino también a nivel del desempeño ambiental y energético.

Los compromisos establecidos en la Estrategia Europea para el 2020 apuntan hacia una consolidación del transporte inteligente, sostenible e integrado en Europa (11). El “Desarrollo Sostenible” se entiende como aquel que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (12).

Pero es sin duda es el concepto smart (en castellano, inteligente) uno de los más utilizados en los últimos años cuando se desea hacer referencia a un lugar, entidad o producto que, basado en la tecnología (13), consigue ofrecer un servicio altamente sostenible, que incrementa la calidad de vida de los ciudadanos, que se consigue con una mayor eficacia de los recursos disponibles y que se apoya en una participación activa del usuario.

Mucho se ha avanzado desde las primeras referencias al tema, pero mucho queda por hacer. La Ley de Puertos de España, establece que las autoridades portuarias deben informar sobre objetivos e indicadores de sostenibilidad ambiental de cada puerto y contar con una memoria de sostenibilidad, elaborada conforma a una metodología ad-hoc. En diciembre de 2010, Puertos del Estado presentó una propuesta inicial para dicha metodología, en donde se contemplaban los objetivos, alcances y contenidos de tales instrumentos (14). Las memorias de sostenibilidad de los puertos españoles, aunque coordinadas por Puertos del Estado no están homogeneizadas, por lo que resulta muy complicado poder comparar distintas Autoridades Portuarias. Además, las versiones se van dilatando en el tiempo y no se dispone de datos actuales. La mayoría de la información no es estructurada, ni homogénea. Unos datos hacen referencia al sistema portuario español en su conjunto y otros a las autoridades portuarias, los datos por terminales son inexistentes.

A pesar de los esfuerzos aún se aprecia que la variable ambiental, social, económica e institucional en menor grado, son componentes aún emergentes de las estrategias de desarrollo en algunas autoridades portuarias locales, en operadores privados y en algunas empresas portuarias. En cualquier caso, la componente institucional es el menos reconocido y tratado en las estrategias de desarrollo (15). La redacción de Memorias de Sostenibilidad, basada en las recomendaciones de la Global Reporting Initiative (16), supone un esfuerzo de integración de información sobre el comportamiento de la AP y su desempeño ambiental, económico y social

Al comienzo de los 2000 se teorizó mucho sobre la sostenibilidad portuaria y sobre la necesidad de que para identificar las debilidades y oportunidades que ofrece el nuevo escenario, es preciso contemplar al puerto desde sus diferentes funciones sociales y aspectos ambientales más allá de su hecho físico, mediante una triple realidad portuaria (17).

La realidad es que los intentos hasta la fecha hasta un sistema sostenible han sido más teóricos que reales y no existen metodologías claras que han desarrollado y aplicado el concepto entorno al sistema portuario español.

Uno de los primeros trabajos con enfoque sostenible apoyado en las Memorias de Sostenibilidad de Puertos del estado y es el de Camarero & Camarero (18). Este trabajo se apoya en los estudios de las ciudades y se traslada al mundo portuario para realizar una clasificación según los indicadores de sostenibilidad medioambiental. Para ello, se seleccionan unos indicadores adecuados que evalúan la actividad sostenible medioambiental de los puertos. Una vez definidos los indicadores se procede a su asignación a través de la recogida de datos disponibles, y con los valores de estos indicadores y se realiza

una clasificación de los puertos mediante herramientas de tipo clúster. Además, el estudio se complementa con el estudio de indicadores físicos y de explotación, mediante análisis de regresión con otros indicadores. En este caso se trabaja solo con indicadores medioambientales, no se tiene en cuenta el resto de componentes de la sostenibilidad, además el estudio se hace por Puerto no por terminales y no se segrega por mercancías, como es el caso de este estudio.

Otro estudio reciente (19), presenta una metodología inspirada en modelos de inteligencia artificial, consistiendo en la realización de inferencia con un modelo bayesiano para el análisis de la gestión de la sostenibilidad del sistema portuario español, con la que se ha obtenido una herramienta de ayuda a la toma de decisiones. Dicho estudio trabaja de forma integral las cuatro dimensiones de la sostenibilidad, de forma similar a Puertos del Estado. Así, partiendo de las variables de sostenibilidad portuaria procedentes de las memorias de sostenibilidad anuales de Puertos del Estado, se ha construido un modelo probabilístico que representa dichas variables y sus dependencias condicionales a través de una red bayesiana. Un avance de este trabajo se aprecia en el trabajo de Camarero et. al. (20), para ello se siguió una metodología de trabajo que cubre todas las fases de la investigación: entorno, caracterización, fuente de datos, análisis de conglomerados, resultados y análisis de resultados. Los resultados obtenidos demostraron que los puertos españoles se pueden caracterizar correctamente por medio de indicadores físicos y de explotación, y que el análisis de conglomerados es una herramienta válida y útil para el entorno portuario, en esta línea se ha intentado hacer un estudio similar pero aplicado a terminales portuarias y no a puertos. Algún estudio anterior ha determinado los escenarios de eficiencia de las terminales de contenedores de los puertos que integran el actual Sistema Portuario de manera que permiten a los gestores portuarios tomar las medidas oportunas para mejorar la gestión de los puertos. Para el análisis de los escenarios de eficiencia de las terminales de contenedores y mediante el empleo de modelos gráficos probabilísticos, Redes Bayesianas concretamente, se definieron las principales variables, algunas de ellas relacionadas con la sostenibilidad y se ha realizado inferencia en escenarios virtuales (21).

Otros estudios han empleado técnicas similares para clasificar los puertos del Sistema Portuario Español (22), pero en ningún caso atendiendo a indicadores de sostenibilidad ni enfocando a terminales portuarias de ningún tipo (23).

No existe en la literatura técnica ningún estudio que aborde la sostenibilidad del sistema portuario español, de sus diferentes autoridades Portuaria y menos de sus terminales, es por eso que se pretende con este estudio sentar las primeras bases de un estudio de sostenibilidad, en concreto para terminales de graneles sólidos. El objetivo del estudio es realizar una integración de indicadores medioambientales e indicadores de desempeño operacional (KPIs) particularizado para graneles sólidos sucios, como herramienta de ayuda a los gestores.

2. Integración de indicadores. Metodología

Para la realización de la integración de los indicadores medioambientales y KPIs se ha seguido un proceso metodológico que pasa por generar la base de datos para poder analizar la información. Dicho proceso se resume en la Figura 1.

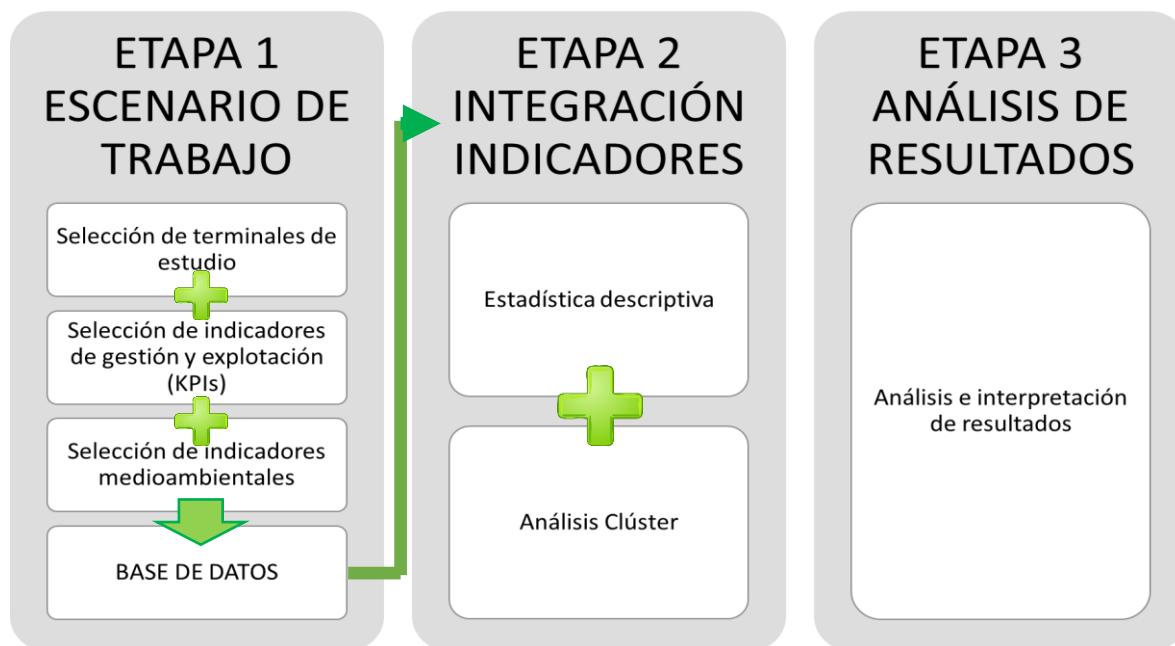


Figura. 1. Metodología empleada en la investigación

2.1. Determinación del escenario de trabajo

En primer lugar, es necesario definir el escenario de trabajo, el estudio se centra en las terminales de graneles sucios, a priori las más problemáticas desde el punto de vista medioambiental.

Los graneles sólidos se pueden clasificar en graneles sucios y limpios. Los sucios corresponden al carbón, los minerales, fertilizantes, chatarra, etc. y los limpios, son aquellos que se asocian con el consumo humano, ya sea directa o indirectamente como los cereales, entre otros.

En la operativa portuaria el movimiento y almacenamiento de la mercancía constituyen la actividad central del proceso físico de transporte de la mercancía. Esta se compone del conjunto de operaciones necesarias para garantizar el flujo de la mercancía que entra o sale del puerto por barco, con la que sale o entra del puerto por camión, tren, o cinta transportadora (24 y 25).

Esta actividad es fundamental, desde el punto de vista ambiental, pues la manipulación física de la mercancía es la principal causa de incidencias ambientales, como derrames, emisiones de polvo o vertidos a las dársenas

La limpieza y mantenimiento de los medios mecánicos de explotación, superficies de trabajo e infraestructuras complementarias, como drenajes, talleres, áreas de limpieza de maquinaria resulta muy relevante, desde el punto ambiental, por dos motivos: en primer lugar, resulta una actividad que ayuda al control de la contaminación, pues el garantizar la limpieza y el correcto estado de mantenimiento de maquinaria e infraestructura se reduce de modo sustancial el riesgo ambiental ligado a la operativa; en segundo lugar, el incorrecto desarrollo de dicha actividad puede convertirla, en sí misma, en una fuente de problemas, como es el caso de limpieza con medios adecuados (25).

El movimiento y almacenamiento de graneles sólidos sucios, así como las tareas de mantenimiento de la maquinaria empleada, conllevan la generación de aspectos ambientales como pueden ser la emisión de partículas o la generación de residuos, los cuales, a su vez, pueden dar lugar a impactos negativos sobre el entorno natural, social y económico, por ello se ha optado por trabajar con este tipo de mercancías para el estudio propuesto.

Para la selección de las terminales de estudio se hará una intersección entre las terminales de graneles sólidos sucios del sistema portuario español y los indicadores a trabajar, dado que al trabajar con terminales la generación de la base de datos dependerá de los datos públicos a recabar.

Como se trata del estudio terminal en el caso de tráfico de graneles sólidos sucios, es muy importante intentar caracterizar todos los datos en relación a los graneles sólidos sucios y no basta con obtener datos generales de las terminales, pues ello llevaría a un estudio más genérico y alejaría del objetivo particular.

Finalmente, el panel de expertos en función de los datos conseguidos para la elaboración de la base de datos y como estudio previo sobre terminales y sostenibilidad considera un avance poder trabajar con aquellas terminales de las que se dispuso de datos completos. Como ya se ha explicado se trata del estudio de seis terminales en el caso de tráfico de graneles sólidos sucios, por lo que es muy importante intentar caracterizar todos los datos en relación a los graneles sólidos sucios y no basta con obtener datos generales de las terminales. Las terminales consideradas son las incluidas en la Figura 2. Se ha pretendido barrer todas las fachadas portuarias.



- Autoridad Portuaria de **A Coruña**
- Autoridad Portuaria de **Gijón**
- Autoridad Portuaria de **Santander**
- Autoridad Portuaria de **Tarragona**
- Autoridad Portuaria de Almería (terminal de **Carboneras**)
- Autoridad Portuaria de Bahía de Algeciras (terminal de **Algeciras**)

Figura. 2. Terminales consideradas en el estudio. Fuente: Elaboración propia a partir Puertos del Estado

2.1.1. *Autoridad Portuaria de A Coruña*

El tráfico de graneles sólidos por el puerto de A Coruña representa en torno al 30% del tráfico portuario total; siendo los tráficos más importantes los productos agroalimentarios, seguidos de los carbones y coques. Otros graneles que se mueven por el puerto son el cemento, la alúmina y el cuarzo.

Los muelles de la dársena interior en los que se operan estas cargas son el muelle de Batería, en el que se encuentra la instalación especial para la operativa de la alúmina; el muelle del Centenario, que da cabida a los movimientos de carbón en la instalación cerrada conocida como “La Medusa”, así como a movimientos de productos agroalimentarios y el muelle de San Diego.

Por otra parte, en el muelle y zona de operaciones del Puerto Exterior, se están desarrollando movimientos de carga de clinker y descargas de cemento, carbón, cereales, habiéndose iniciado el proceso de traslado de los principales operadores portuarios que se han implantado en las nuevas instalaciones de Punta Langosteira, con naves para el almacenamiento y distribución de graneles sólidos, en las que paulatinamente se irá incrementando su volumen de actividad.

La estrategia de sostenibilidad ambiental del puerto de A Coruña, coherente con su Política de Gestión Integrada, tiene los siguientes objetivos:

- Alcanzar un elevado nivel de compromiso técnico en los servicios y operaciones portuarias mediante su control, la sistematización de la gestión ambiental y la prevención de riesgos,
- Reconocer e interiorizar las inquietudes de nuestros grupos de interés,
- Comunicar, informar sobre nuestra respuesta, y
- Buscar la colaboración de las Administraciones competentes.

2.1.2 Autoridad Portuaria de Gijón

El puerto de Gijón dispone de unos espacios, 415 hectáreas de superficie terrestre y 7.000 metros lineales de muelle, estructurados en zonas con las características adecuadas para atender a cada tráfico. Terminales especializadas de graneles sólidos, líquidos y contenedores, e instalaciones polivalentes para diversos tipos de tráfico.

La estrategia ambiental de la APG es una de las líneas estratégicas prioritarias en la estrategia global del puerto. En materia ambiental, el principal aspecto sobre el que se trabaja es la calidad del aire, tanto en la mejora del valor analítico como de la percepción ciudadana, sin abandonar la mejora del resto de aspectos ambientales de la organización. La Autoridad Portuaria, durante el año 2016, ha continuado desarrollando una intensa inversión ambiental instalando una pantalla de características novedosas en la zona de Aboño, para la reducción de la emisión de partículas; ha desarrollado la obra para la ordenación del tráfico de en la zona de la Terminal de Graneles, posibilitando de esta forma la instalación de un lavavuecos y la pavimentación de la zona; y se ha iniciado el envío de los datos on-line de calidad de aire al Principado, completando así la red de medida de la aglomeración de Gijón.

2.1.3 Autoridad Portuaria de Santander

La terminal de Graneles Sólidos Minerales es automatizada en todos sus procesos con equipos de última generación. Permite alcanzar altos rendimientos con mínimas emisiones a la atmósfera.

La terminal de graneles sólidos de Santander ha resultado calificada como una de las dos mejores del mundo en la edición de 2017 del informe anual sobre terminales de carga seca de BIMCO (26). Santander resultó el mejor clasificado en las cuatro categorías principales: operaciones de carga y descarga; atraques y amarres; intercambio de información entre el buque y la terminal y su equipamiento. El último informe de investigación del Consejo Marítimo Internacional y del Báltico sobre las terminales de graneles sólidos ha concluido, tras evaluar el funcionamiento de un total de 278, que las mejores instalaciones para este tipo de tráfico son las de Santander y Bilbao, junto a la de Quebec, en Canadá.

Noatum Terminal Santander, se trata de la terminal más moderna de España en manipulación de graneles sólidos pulverulentos y que cumple con los más altos estándares de medioambiente, calidad y seguridad laboral.

2.1.4 Autoridad Portuaria de Tarragona

El movimiento de productos energéticos y minerales representa un volumen muy importante del tráfico del Port de Tarragona: 4 millones de toneladas anuales se distribuyen a través de nuestras instalaciones. En este grupo de mercancías, el carbón y el coque de petróleo representan casi el 85% del total. Del resto de minerales, la sal mineral común y el fosfato son los más destacados.

Y por otro lado, el resto de minerales, la mayoría de importación, son materias primas que serán utilizadas en procesos industriales de empresas del hinterland cercano al Puerto.

El Port de Tarragona dispone de protocolos que establecen que el movimiento de estas mercancías se haga con la mayor consideración hacia el medio ambiente.

Cualquier mejora ambiental implica una reducción de los impactos que unas actividades tienen sobre otras, con lo cual se consigue una mejor calidad de servicio y, a su vez, mejora la fiabilidad y costes operativos.

2.1.5 Autoridad Portuaria de Almería (Terminal de Carboneras)

La Terminal Portuaria se encuentra ubicada en Carboneras y su actividad se centra en la descarga y carga de carbón.

Desde el año 2006, la Terminal dispone de un Sistema de Gestión bajo las normas UNE-EN-ISO 9001:2008 (calidad), y desde 2008 bajo UNE-EN-ISO 14001:2004 (medio ambiente). El sistema de

gestión incluye todos los recursos necesarios para establecer e implementar la Política de Calidad y Medio Ambiente.

2.1.6 La Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras

El Terminal Portuario de Los Barrios de Endesa Generación acoge el mayor puerto de graneles sólidos de la Bahía de Algeciras, y uno de los mayores de España. Las excelentes instalaciones portuarias del Terminal, su ubicación en la zona industrial de la Bahía y su cercanía al complejo petroquímico del polígono de Guadarranque, dotan a este enclave de una situación privilegiada dentro del Puerto de Algeciras. Lo cual se ve potenciado por las fortalezas de éste: bahía abrigada, amplias zonas de fondeo y localización estratégica mundial inmejorable.

2.2. Selección de indicadores de gestión y explotación (KPIs)

2.2.1. Indicadores de gestión: KPI

Los indicadores de gestión son muy comunes en el entorno de las empresas de negocios pero no tanto en el sector portuario, es por ello que para la selección de los KPI se ha planteado un panel de experto a través de un Delphi, con expertos tanto del sector privado como del público, partiendo de los indicadores que se recogen en las memorias que publica anualmente de Puertos del estado. Las memorias son una plataforma para comunicar impactos de sostenibilidad positivos y negativos, y para capturar información que pueda influir en la política de la organización, su estrategia y sus operaciones de manera continua. Las memorias de sostenibilidad que publica Puertos de Estado son relativamente nuevas, se publican desde 2010 y la última publicada es de 2016, las memorias de sostenibilidad están en continuo cambio y evolución por lo que su formato de una publicación a otra varía, al igual que los datos y la forma de presentación y agregación de los mismos. Los datos aparecen agregados por Autoridades Portuarias, no por terminales de explotación y en su defecto por el total del sistema portuario, lo que hace más difícil abordar un trabajo de este tipo.

La tendencia general en el análisis de la explotación de una terminal es comparar los ratios y parámetros internacionales, y establecer lo que una terminal se aleja o acerca en su explotación a los valores de estos parámetros internacionales.

En este trabajo se han tomado como base los KPI que estableció la IAPH (International Association of Ports and Harbors) como los indicadores más adecuados para poder comparar unas terminales con otras, si bien este estudio es para terminales de contenedores se toma como base por uno internacional y su sencillez.

El proyecto de la Unión Europea de 2010 coordinado por la Organización Europea de Puertos marítimos (ESPO por sus siglas en inglés) es de los más grandes y ambiciosos. Con el proyecto PPRISM (27), ESPO ha dado un primer paso para establecer una cultura de medición del rendimiento en puertos europeos, es un trabajo muy amplio y se excede del ámbito de la terminal portuaria. Otro proyecto Portopia (28) tiene como objetivo crear una base de conocimiento integrada y un sistema de gestión del rendimiento de los puertos para dar servicio a las partes interesadas de la industria en la mejora de la sostenibilidad y competitividad del sistema portuario.

Observando todos los datos recopilados de las memorias y tras el desarrollo del panel delphi se han propuesto siete indicadores en los cuales se han trabajado para facilitar su comprensión mediante porcentajes.

Es necesario separar siempre y cuando sea posible, los datos generales de cada Autoridad Portuaria para obtener los particulares de graneles sólidos, para construir un análisis más específico y real.

En primer lugar, la distribución por tipo de buques, en nuestro caso particular de graneles sólidos sucios.

La distribución por buques de graneles sólidos se separa en número de buques y GT. A su vez se distingue la procedencia de los buques, lo cual nos da una idea del tráfico de estas terminales.

En segundo lugar, la distribución por tipo de mercancía ha sido un indicador más laborioso, ya que ha sido necesario distinguir los graneles sólidos sucios de otros graneles sólidos como los agroalimentarios.

Dentro del grupo de los graneles sólidos sucios hemos distinguido entre carbón, cemento, petróleo y otros donde se engloban los demás graneles sólidos sucios.

Para facilitar la comprensión respecto al total de mercancías que mueve cada terminal se ha optado por utilizar el porcentaje de mercancías embarcadas y desembarcadas

En las terminales se pueden distinguir dos zonas preparadas para la recepción o el envío de graneles sólidos sucios. Por ello hemos considerado oportuno distinguir entre zonas habilitadas con instalaciones especiales y sin instalaciones especiales, tal y como se trata comúnmente en la explotación.

Respecto a las características técnicas del puerto, hemos obtenido la longitud total de los muelles destinados a graneles sólidos sucios y hemos comparado con el tráfico movido para así obtener una relación.

Por último, se ha considerado muy oportuno realizar un estudio exhaustivo del tipo de almacenamiento que se realiza en estas terminales, por lo cual el último indicador es la superficie de almacenamiento la cual se ha obtenido en tres subgrupos, cubiertos, descubiertos cerrado y total.

A nivel de gestión y explotación, siguiendo la metodología descrita, los KPI seleccionados son los que se incluyen en la Figura 3.



Figura. 3. KPI considerados en el estudio

2.2.2. Indicadores medioambientales

La obtención de indicadores medioambientales se ha estructurado de la siguiente manera:

- Análisis de las memorias de sostenibilidad de 2016 de cada Autoridad Portuaria en estudio.
- Obtención de indicadores comunes medioambientales.
- Complementación de la información necesaria por otros medios.
- Transformación de indicadores cualitativos a cuantitativos.

En primer lugar, basándonos en las seis memorias de sostenibilidad, podemos estructurar los indicadores medioambientales en tres grupos:

- Gestión de la calidad del agua.
- Gestión de la calidad del aire.

- Gestión de la calidad del ruido.

Una vez definidos estos tres grupos de indicadores se buscaron datos relevantes. Cabe mencionar que cada Autoridad Portuaria está obligada a elaborar las memorias de sostenibilidad ambiental cada año, pero no está regulada la manera en la que se deben de realizar. Ni existen unos indicadores mínimos que cada autoridad debería evaluar para así poder hacer una comparación eficaz.

Por ello se han complementado indicadores de gran importancia con información proporcionada por la comunidad autónoma donde se encuentran nuestros terminales.

(i) Gestión de la calidad del agua

Según la ROM 5.1-13 (29), hay un programa de delimitación y tipificación de las unidades de gestión acuática portuarias.

(ii) Gestión de la calidad del aire

La evaluación de la calidad del aire se define como el resultado de aplicar cualquier método que permita medir, calcular, predecir o estimar las concentraciones de un contaminante en el aire ambiente o su depósito en superficies en un momento determinado. La evaluación se realiza mediante mediciones en una serie de puntos de muestreo que se consideran representativos de cada terminal.

(iii) Gestión de la calidad del ruido

Existen multitud de variables que permiten diferenciar unos ruidos de otros: su composición en frecuencias, su intensidad, su variación temporal, su cadencia y ritmo, etc. El actual marco legislativo nacional en materia de ruido es el siguiente:

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, de ruido (30)
- Real Decreto 1367/2007, de 23 de octubre, por el que se desarrolla la Ley de ruido en lo relativo a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas (31)

De acuerdo con esta normativa, se establecen los objetivos de calidad acústica, es decir, el ruido global de una zona o territorio. Para ello, previamente es necesario realizar la zonificación acústica (por ejemplo, áreas industriales, áreas residenciales, áreas de especial protección como hospitales, escuelas, etc.).

Por otro lado, también se fijan valores límite de emisión acústica a determinadas actividades para asegurar que se cumplen los objetivos de calidad del área donde están ubicadas.

De esta forma, la reglamentación actual exige en áreas acústicas industriales valores límite de emisión de 70 dBA en horario diurno y 60 dBA en nocturno, como referencia general, reduciéndose en 10 dBA en zonas residenciales y 15 dBA en zonas sensibles, como sanitarias y educativas.

Por otro lado, los indicadores medioambientales considerados, según la metodología anteriormente descrita, son las incluidas en la Tabla 1:

Tabla 1. Indicadores medioambientales considerados

Gestión	Indicador
Calidad del agua (Basados en el análisis de las condiciones abióticas del ecosistema (índices físico-químicos)	Unidades de Gestión Acuáticas Portuarias (UGAP). (Ver Puertos del Estado (2005). "ROM 5.1-05: Calidad de las aguas litorales en áreas portuarias"). Calidad: <ul style="list-style-type: none"> • Físico-químicas del sedimento • Biológicas (clorofila) • Físico-químicas del agua • Químicas de agua y sedimentos
Calidad del aire (unidades en ppm, partes por millón)	<ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de azufre SO₂ • Monóxido de carbono CO • Dióxido de nitrógeno NO₂ • Pequeñas partículas sólidas PM 10 • Ozono O₃
Gestión de la calidad del ruido (dB)	

Finalmente se recogen en la siguiente tabla (Tabla 2) con máximo detalles los indicadores empleados en la investigación.

Tabla 2: Indicadores empleados en el estudio

Tipo indicador	Grupo	Subgrupo	Unidades (anuales)
Gestión	Distribución por tipo de buque	Número de buques españoles Número de buques extranjeros Número total buques GT españoles GT extranjeros Número total GT	Número Número Número GT (Gross Tons) GT GT
Gestión	Distribución graneles sólidos sucios (conjunto agregado) con instalaciones especiales	Cabotaje Embarcadas Cabotaje Desembarcadas Cabotaje Total Exterior Embarcadas Exterior Desembarcadas Exterior Total Total	Toneladas Toneladas Toneladas Toneladas Toneladas Toneladas
Gestión	Distribución por tipología de granel solidos sucio con instalaciones especiales	Mercancías embarcadas Mercancías desembarcadas	% sobre el total de graneles sucios % sobre el total de graneles sucios
Gestión	Distribución por mercancía sin instalaciones especiales	Cabotaje Embarcadas Cabotaje Desembarcadas Cabotaje Total Exterior Embarcadas Exterior Desembarcadas Exterior Total Total	Toneladas Toneladas Toneladas Toneladas Toneladas Toneladas
Gestión	Distribución por tipología de granel solidos sucio sin instalaciones especiales	Mercancías embarcadas Mercancías desembarcadas	% sobre el total de graneles sucios % sobre el total de graneles sucios
Gestión	Tráfico agregado movido	Toneladas totales movidas	Toneladas
	Características técnicas del puerto	Longitud línea de atraque Calado con instalaciones especiales Calado sin instalaciones especiales Calado total Superficie de almacenamiento descubierto Superficie de almacenamiento cubierto Superficie de almacenamiento cerrado Superficie de almacenamiento total	metros metros metros metros metros cuadrados metros cuadrados metros cuadrados metros cuadrados
Medioambiental	Calidad del agua	Unidades de gestión acuáticas portuarias	Indicador de 1 a 5
Medioambiental	Calidad del aire	Unidades de calidad de agua	Indicador de 1 a 5
Medioambiental	Calidad del ruido	Ruido	dB

2.3. Generación de la base de datos

Para la obtención de los KPIs, se han empleado las memorias de cada autoridad portuaria y datos disponibles en las Autoridades Portuarias. Como ejemplo se incluye la Figura 4.

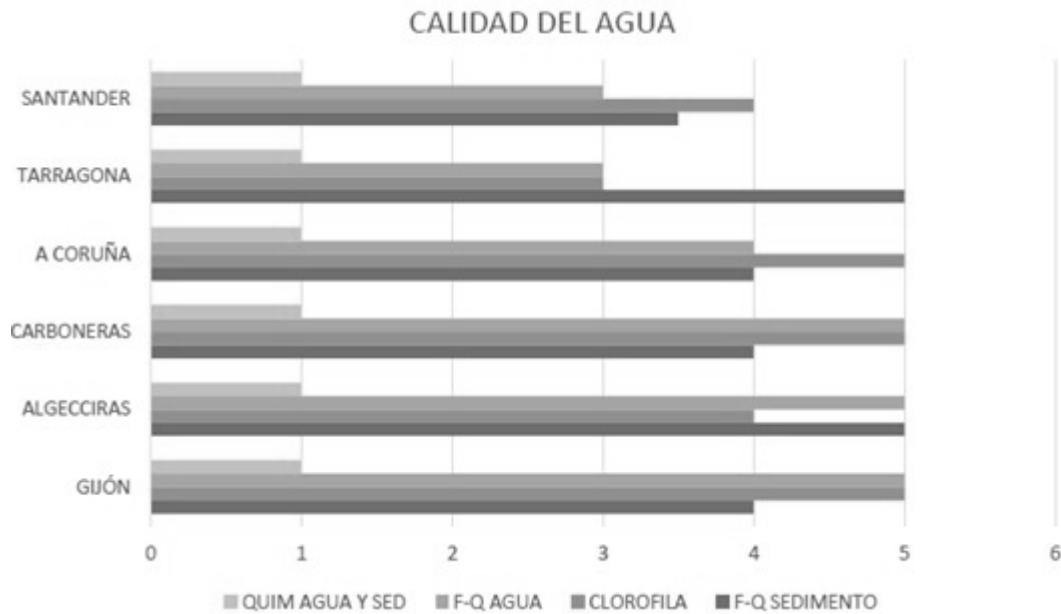


Figura. 4. Ejemplo KPI disponibles. Nota: Eje X. Valoración idoneidad. Escala 1 a 5, siendo 1 opción más desfavorable

3. Integración: relación KPIs con indicadores medioambientales

En este punto se pretende relacionar los KPI seleccionados con los indicadores medioambientales para ver la relación entre la gestión de la infraestructura y su componente medioambiental, de tal manera que se conozca la interacción gestión Vs medioambiente. Para ello se proponen dos métodos:

- Estadística descriptiva
- Análisis clúster

3.1. Estadística descriptiva

La estadística descriptiva es la rama de las Matemáticas que recolecta, presenta y caracteriza un conjunto de datos con el fin de describir apropiadamente las diversas características de ese conjunto.

Los métodos de la Estadística Descriptiva o Análisis Exploratorio de Datos ayudan a presentar los datos de modo tal que sobresalga su estructura. Hay varias formas simples e interesantes de organizar los datos en gráficos que permiten detectar tanto las características sobresalientes como las características inesperadas. El otro modo de describir los datos es resumirlos en uno o dos números que pretenden caracterizar el conjunto con la menor distorsión o pérdida de información posible.

Para relacionar todos los indicadores se ha realizado una base de datos, en la cual se ubican las seis terminales con sus 10 indicadores y mediante estadística descriptiva se ha ido analizando cada KPI con cada medioambiental, llegando así a observar en detalle cada uno.

3.2. Análisis clúster

El análisis clúster es un conjunto de técnicas multivariantes utilizadas para clasificar a un conjunto de individuos en grupos homogéneos.

Pertenece, al igual que otras tipologías y que el análisis discriminante al conjunto de técnicas que tiene por objetivo la clasificación de los individuos. La diferencia fundamental entre el análisis clúster y el discriminante reside en que en el análisis clúster los grupos son desconocidos a priori y son precisamente lo que queremos determinar; mientras que en el análisis discriminante, los grupos son conocidos y lo que pretendemos es saber en qué medida las variables disponibles nos discriminan esos grupos y nos pueden ayudar a clasificar o asignar los individuos en/a los grupos dados.

Así pues, el objetivo es obtener clasificaciones (clústerings), teniendo, por lo tanto, el análisis un marcado carácter exploratorio.

Con el análisis clúster se pretende encontrar un conjunto de grupos a los que ir asignando los distintos individuos por algún criterio de homogeneidad. Por lo tanto, se hace imprescindible definir una medida de similitud o bien de divergencia para ir clasificando a los individuos en unos u otros grupos.

3.3. Principales resultados

Los principales resultados obtenidos tras el estudio realizado con estadística descriptiva son los que se muestran en las Figuras 5, 6, 7 y 8. La figura indica que a mayor cantidad de buques operados la calidad del ruido no aumenta. Lo mismo se aprecia con respecto a la calidad del agua, ésta no empeora si se operan más buques en el puerto (figura 6), y lo mismo para la calidad del aire (figura 7). Lo que indica que, aunque se operen muchos buques de graneles sólidos sucios en un puerto, a priori la calidad del agua del aire y del ruido no tiene que verse afectada si las medidas a tomar son las adecuadas.

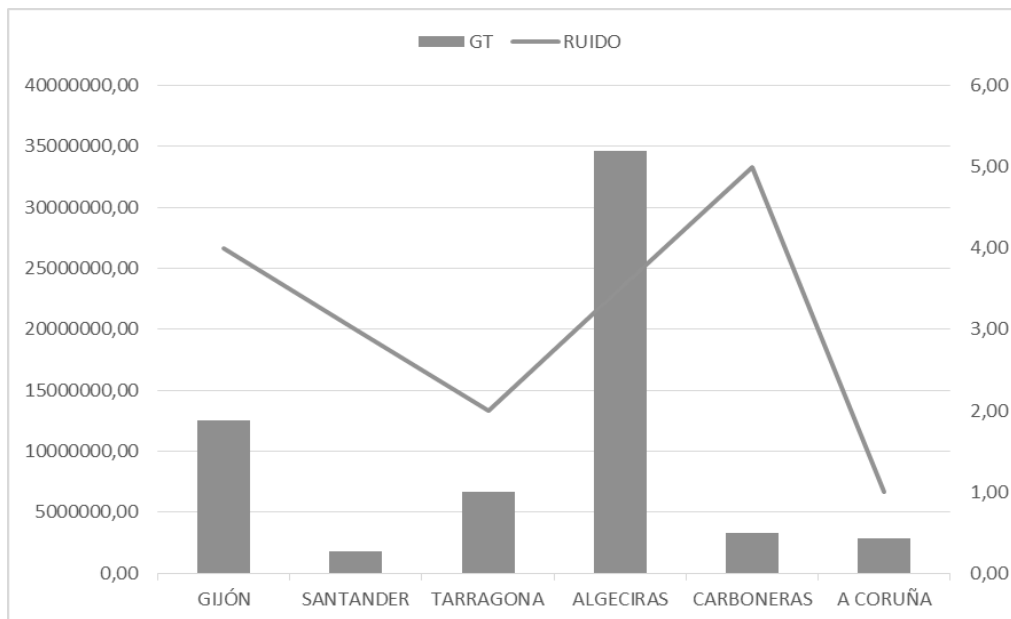


Figura. 5. Relación calidad del ruido y número de buques

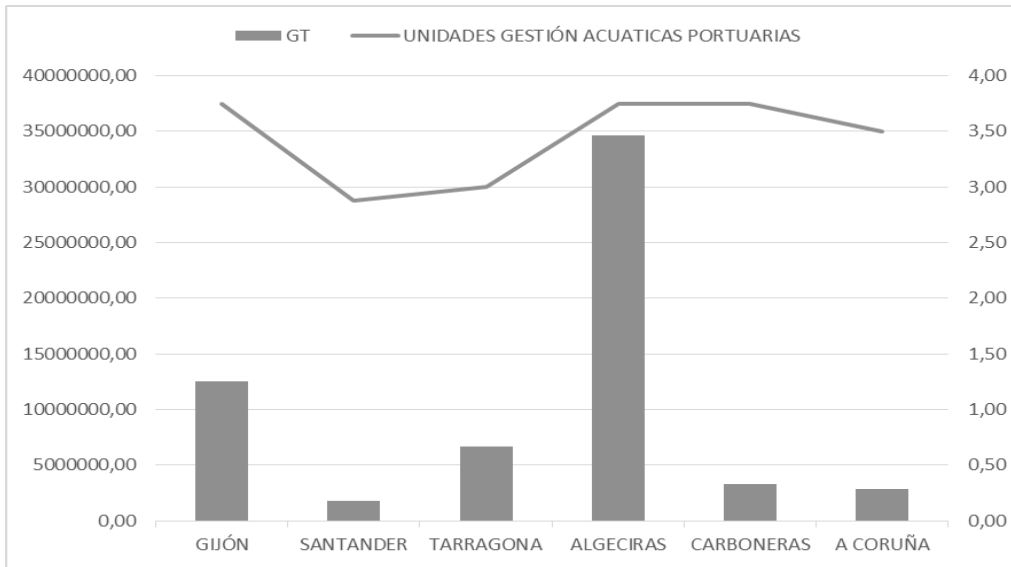


Figura. 6. Relación calidad del agua y número de buques

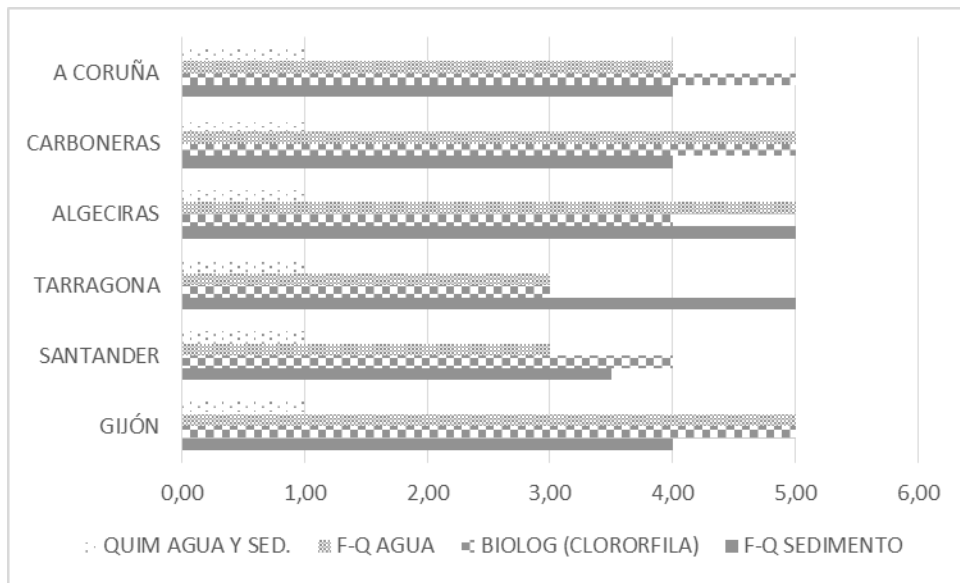


Figura. 7. Relación calidad del aire y número de buques

Por otro lado, tras el empleo del análisis clúster, los resultados obtenidos son los que se recogen en dendograma de la Figura 9.

Del dendograma resultante se aprecia que las terminales de graneles sólidos sucios de Santander, Carboneras, Tarragona y A Coruña son similares respecto a su gestión y sus medidas medioambientales. Con mucha diferencia se encontraría Gijón y finalmente más distanciada Algeciras.

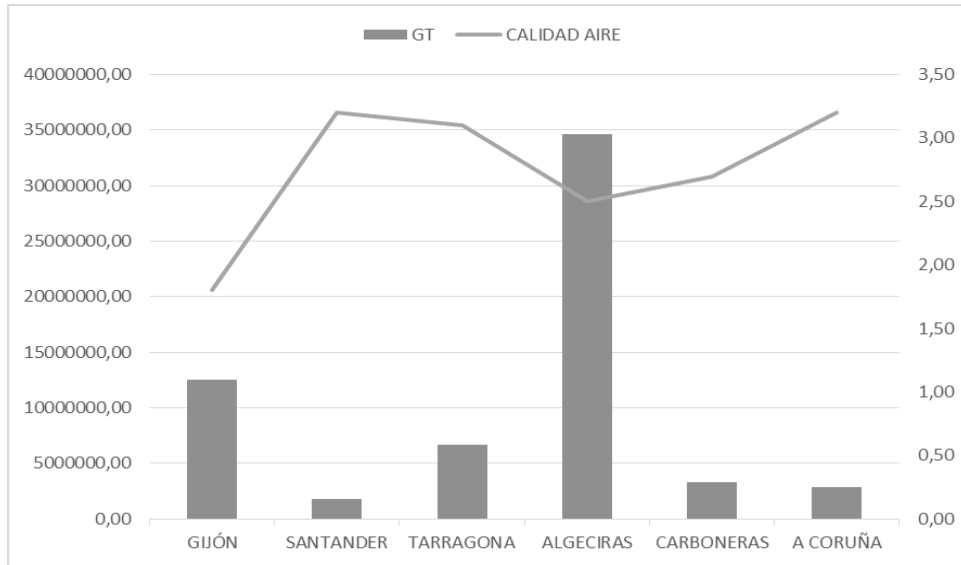


Figura. 8. Relación calidad del ruido y con instalación especial

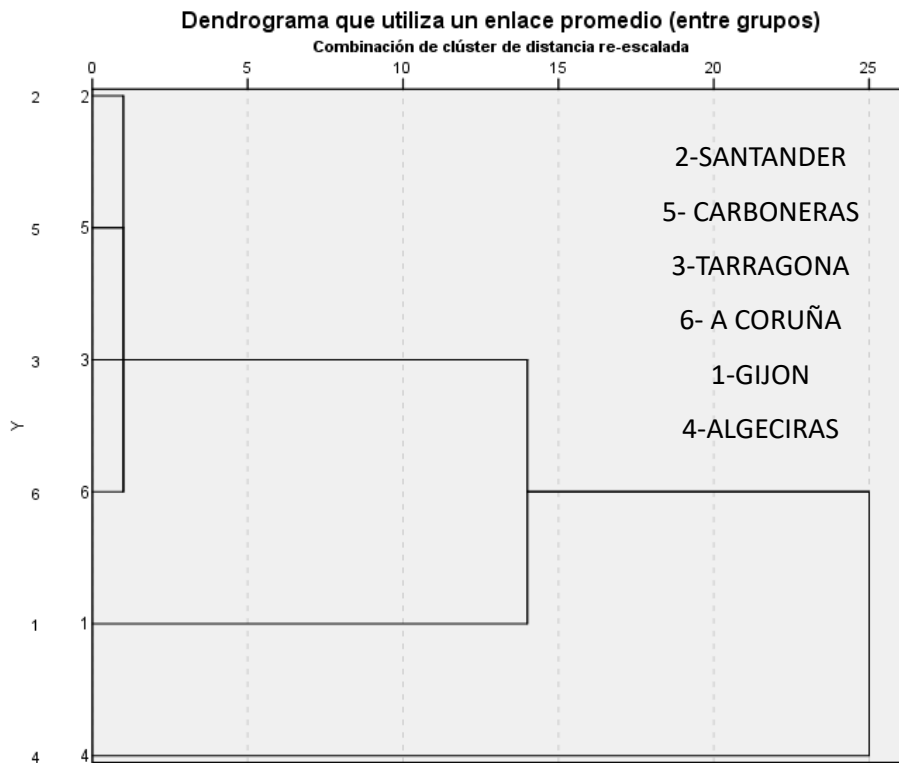


Figura. 9. Dendrograma enlace intermedio

4. Conclusiones

Para finalizar, tras la realización de esta investigación analizando los resultados y comparándolos se han obtenido una serie de conclusiones, las cuales se muestran a continuación.

Hay una gran dificultad para generar la base de datos, debida a la falta de información de los graneles sólidos. En España no se disponen de datos abiertos respecto este tema, lo que dificulta la elaboración de

estudios específicos sobre esta materia. Las memorias de sostenibilidad de los puertos españoles, aunque coordinadas por Puertos del Estado no están homogeneizadas, por lo que resulta muy complicado poder comparar medioambientalmente distintas Autoridades Portuarias.

A través del estudio que relacionando las componentes medioambientales y los indicadores de gestión y explotación se observa que las terminales de graneles sólidos del sistema portuario español que se comportan parecido respecto a la relación gestión Vs medioambiente son las terminales de Santander, Carboneras, Tarragona y A Coruña. Siendo Gijón y Algeciras las terminales que presentan comportamiento diferentes.

A pesar de que durante el estudio las terminales de Gijón y Tarragona se asemejaban bastante en cuanto a gestión y explotación, al integrar la variable medioambiental sus similitudes desaparecen. Cabe destacar que, si se comportan parecidas en cuanto a gestión, número de buques de graneles sólidos, tamaño, pero esto no es un indicador de que medioambientalmente estén comportándose igual a tenor de los resultados.

Del estudio desarrollado se puede concluir que un número mayor de buques o mayor movimiento en una terminal no implica tener una calidad ambiental excelente, este sería el caso de Gijón quien con un tráfico importante la medioambiental no toma valores elevados. Por contrapartida destaca el ejemplo de Tarragona como una terminal que se comporta bastante bien medioambientalmente hablando.

La limitación de este estudio es que se trata de una primera estimación que permite reflexionar sobre la relación que pueda existir entre los KPI y los indicadores ambientales, pero que necesitará un análisis más detallado, en el cual, los indicadores medioambientales se obtengan a partir de parámetros medidos en la terminal.

La aportación de este estudio, no son los resultados obtenidos en sí mismos en la comparativa realizada entre parámetros de productividad y los indicadores medioambientales de las terminales, pues estos resultados adolecen de las limitaciones referidas a los indicadores ambientales. No obstante, propone una metodología de comparación entre ambos indicadores y define unos indicadores relevantes a considerar tanto en lo relativo a la productividad como al comportamiento medioambiental.

En cuanto a la prospectiva de los indicadores a considerar en terminal de graneles sólidos sucios, se debería buscar un enfoque integral que incluya una visión relacionada entre los diversos parámetros, tanto de productividad como de comportamiento ambiental u otros. Teniendo en cuenta la falta de disponibilidad de parámetros medioambientales que ha aflorado en este estudio, se sugiere que se incentive a las terminales para que dispongan de esos parámetros en el futuro, y parece que la forma práctica más inmediata es incentivar a las terminales para que dispongan de un sistema de gestión medioambiental unificado.

Referencias Bibliográficas

1. G.M. Vázquez, S.Q. Cuenca y G.R. Licea. Inversión en infraestructura marítima portuaria. Análisis comparativo Manzanillo-Shanghái, 1980-2010. *Revista Análisis Económico*, Vol 28, Nº 67, 231-247.
2. Z. Infante Jiménez y A. Gutiérrez. Port efficiency in APEC. *México y la Cuenca del Pacífico*, Vol 2, Nº 3, 41-73.
3. S.F. Noguero. La implantación de la Zona de Actividades Logísticas e Industriales de Asturias y su repercusión territorial (2004-2012). *Ería: Revista cuatrimestral de geografía*, Vol. 90, 55-74.
4. C. Crespo Soler, V. Ripoll Feliu, A. Crespo and A. Giner. La sostenibilidad ambiental en el sistema portuario de titularidad estatal. In XIII Congreso AECA. Septiembre 2005. España.
5. G.A.H. Rendón y J.A.H. Rendón. Desarrollo y transformación de los puertos en Colombia. Un enfoque desde las competencias laborales. *Educación y Humanismo*, Vol 11, Nº 17, 97-105.
6. J.A. Orjuela, O.F.C. Ocampo y E.A.S. Bulla. Operadores y plataformas logísticas. *Tecnura*, Vol 8, Nº 16, 115-127.
7. E. Leal y G. Pérez. Plataformas logísticas: elementos conceptuales y rol del sector público. 2009
8. J.L. Estrada Llaquet. Mejora de la competitividad de un puerto por medio de un nuevo modelo de gestión de la estrategia aplicando el cuadro de mando integral (Doctoral dissertation, Caminos). 2007
9. M.M.G. Serrano y L.T. Castellano. Análisis de la eficiencia de los servicios de infraestructura en España: Una aplicación al tráfico de contenedores. In Hacienda pública y convergencia europea: X *Encuentro de Economía Pública, Santa Cruz de Tenerife 2003* (p. 62). Universidad de La Laguna.

10. R. Sánchez, En. Palma Barletta y L. Mounfitier. Reflexiones sobre el futuro de los puertos de contenedores. Serie Recursos Naturales e Infraestructura, 2017, No. 186, 55p.
11. J.A. Barbero y R.R. Tornquist. Transporte y cambio climático: hacia un desarrollo sostenible y de bajo carbono. *Revista Transporte y Territorio*, Vol 6, 8-26.
12. G.Brundtland, M. Khalid, S. Agnelli, S. Al-Athel, B. Chidzero, L. Fadika, M. Singh. "Our common future"(Bundtland Report, 1987)
13. H. March y R. Ribera-Fumaz. Una revisión crítica desde la Ecología Política Urbana del concepto "Smart City" en el Estado español. *Ecología política*, Vol 47, 29-36.
14. Puertos del Estado. Propuesta de metodología para la elaboración de memorias de sostenibilidad de las autoridades portuarias, Madrid, abril de 2011.
15. O. Doerr. Políticas portuarias sostenibles.Repositorio CEPAL. 2011
16. Global Reporting Initiative. Guía para la elaboración de Memorias de Sostenibilidad. Versión 3.1. GRI. 2000
17. A. Ayuso Moya, C. Giner Fillol y V. Ripoll Feliu. Integrating environmental information in the annual report: the case study of "the Valencia Port Authority (VPA). 30 th Annual Congress of the European Accounting Association (EAA), Lisbon, 24 - 27 abril 2007.
18. A. Camarero M.M.Cerbán, I.J. Turias y N. González-Cancelas. Clasificación de los puertos españoles mediante análisis clúster. *Informes de la Construcción*, 2019, 71(554), 296
19. B. Molina-Serrano, N. González-Cancelas y F. Soler-Flores. Modelo de inteligencia artificial para el análisis de la gestión de la sostenibilidad en puertos marítimos. *DYNA-Ingeniería e Industria*, Enero 2018, vol. 93, no. 1, p.67-74. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8508>
20. A. Camarero Orive; M.M. Cerbán Jiménez; I.J. Turias Domínguez; N. Gónzalez-Cancelas y A. Camarero Orive. Clasificación de los Puertos Españoles mediante Cluster Analysis. *INGE CUC*. 12 - 2, pp. 41 - 49. 2016.
21. M. N. G. Cancelas, F. S. Flores y A.C. Orive. Modelo de eficiencia de las terminales de contenedores del sistema portuario español. *Rect@: Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, 2013, (14), 49-67.
22. C. Cortés Rodríguez, E. Cordón Lagares, A. Gonzalez Galán y J.J. García del Hoyo. Clasificación de los puertos españoles atendiendo a su tipología de tráfico e infraestructuras. *Estudios de economía aplicada*, ISSN-e 1133-3197, Vol. 36, N° 3, 2018, pp. 765-788
23. B.M. Serrano, N. González-Cancelas y F. Soler-Flores. Análisis de la influencia de la administración portuaria en la sostenibilidad de los puertos mediante técnicas de inteligencia artificial. *Rect@*, 2017, 18(2), 137-152.
24. Y. Paredes Morato. La logística portuaria. Bogotá: Superintendencia de Puertos y Transporte. 2010
25. Gobierno de España. Ministerio de Fomento. Guía de Buenas Prácticas en la Manipulación y Almacenamiento de Gráneles Sólidos de Instalaciones Portuarias. Puertos del Estado. Primera Edición. 2015. Valencia. p. 344
26. BIMCO's Dry Bulk Terminals Vetting Report for 2017. Disponible en: <https://www.bimco.org/-/...ports.../dry-bulk-terminal-vetting/bulk-vetting-report-2017>
27. pprism.espo.be
28. M. Dooms. Port industry performance management. *Port Technology International*, 2014(61).
29. J.D. Expósito y N. Fernández Medina.. Aplicación de la ROM 5.1 y contaminación marina en S/C de Tenerife. 2016
30. K. Herranz-Pascual, I. Garcia y G.P.T. de Bizkaia-Edificio. Confort Acústico frente a Molestia por Ruido: diferentes casuísticas en un entorno urbano. Libro de Comunicaciones de TecniAcustica. 2017
31. G. de España. Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. BOE nº 254. de 23/10/2007. <http://www.boe.es/buscar/act.php>, 2007.