

## PROYECTO PAINPER. APROVECHAMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES PARA LA INCORPORACIÓN DE RENOVABLES

**PAINPER (PLAN DE APROVECHAMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS PÚBLICAS PARA ENERGÍAS RENOVABLES) SURGE A RAÍZ DE LAS DIFICULTADES OBSERVADAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN ZONAS CON UN TERRITORIO MASIFICADO POR INFRAESTRUCTURAS (ALTA DENSIDAD EDIFICATORIA) O MUY LIMITADAS POR EL ELEVADO PORCENTAJE DE TERRITORIO PROTEGIDO (ESCASA SUPERFICIE ÚTIL PARA NUEVAS INSTALACIONES), EN DEFINITIVA SE TRATABA DE CUBRIR UNA NECESIDAD ENERGÉTICA DE ORIGEN RENOVABLE, MINIMIZANDO SU IMPACTO Y HACIENDO USO DE INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES.**

La compañía ZECSA (Zona Eólica Canaria S.A.) advirtió que se podía apostar por soluciones tecnológicas que aprovecharan equipamientos ya presentes en todas las ciudades del mundo. Fue entonces cuando se comenzó a conformar PAINPER, un proyecto estructurado en cuatro grandes áreas (eólica, solar, biomasa y geotermia). Cada una de estas áreas lleva su propio desarrollo tecnológico y de implantación, y en determinadas soluciones se analizan combinaciones entre ellas, que den como resultado una optimización de la propuesta técnica considerada.

PAINPER, es un plan en el que se trabaja desde 2011. Inicialmente se contempla su posible puesta en marcha en la Comunidad Autónoma de Canarias, pero siempre con la mirada puesta en la extrapolación de los resultados a cualquier lugar del mundo.

Dentro de los programas de colaboración que ZECSA ha firmado con varias universidades españolas y extranjeras, se propuso a la Universidad de Kingston, a la Universidad de Vigo y a la Universidad de Las Palmas colaborar en una de las áreas del plan, concretamente en la división de eólica, conformando de esta forma un proyecto transfronterizo, que aúna la capacidad de las tres universidades, así como la solvencia técnica de los profesionales participantes, con la gestión y experiencia de ZECSA.

Los colaboradores en el desarrollo de este proyecto dentro de PAINPER, han sido Konstantin Volkov (Catedrático Universitario) y Oscar Soto Hernández (Ingeniero Industrial Investigador) por la Universidad de Kingston, Andrés Elías Feijóo Lorenzo (Titular Universitario) por la Universidad de Vigo, José Fernando Medina Padrón (Catedrático Universitario) por la Universidad de Las Palmas y Aday Carlos Martín Mederos (Ingeniero Industrial) en calidad de Gerente y Director Técnico de ZECSA.



## PAINPER PROJECT. MAKING THE MOST OF EXISTING INFRASTRUCTURES TO INCORPORATE RENEWABLES

**PAINPER, THE PLAN TO USE PUBLIC INFRASTRUCTURES FOR RENEWABLE ENERGY, STEMS FROM THE DIFFICULTIES OBSERVED WHEN IMPLEMENTING NEW RENEWABLE ENERGY GENERATION SYSTEMS IN AREAS WITH OVERCROWDED LAND INFRASTRUCTURES (HIGH CONSTRUCTION DENSITY) OR THAT ARE VERY LIMITED DUE TO A HIGH PERCENTAGE OF PROTECTED LAND (LACK OF USEFUL SURFACE AREA FOR NEW INSTALLATIONS). IN SHORT IT HAS AIMED TO RESPOND TO A NEED FOR RENEWABLY-SOURCED ENERGY, MINIMISING ITS IMPACT AND MAKING USE OF EXISTING INFRASTRUCTURES.**

The company ZECSA (Zona Eólica Canaria S.A.) had reported that technological solutions could be found to make the best use of installations already present in every city worldwide. That was when the PAINPER started to take shape, a project structured over four key areas (wind power, solar, biomass and geothermals). Each of these areas has its own technological development and implementation, and for specific solutions, combinations of these technologies were analysed to optimise the technical proposal in question.

The PAINPER plan has been worked on since 2011. It was originally envisaged to be launched in the Autonomous Community of the Canary Islands, but always with a view to extrapolating the results to any part of the globe.

As part of the collaboration programmes entered into by ZECSA with various Spanish and foreign universities, Kingston University, the Universidad de Vigo and the Universidad de Las Palmas were approached to collaborate on one of the areas of the plan, specifically the wind power division, thus making up a cross-border project that would bring together the know-how of three universities, as well as the technical solvency of the participating professionals, alongside the management and experience contributed by ZECSA.

The collaborators on the development of this project as part of PAINPER were Konstantin Volkov (Full University Professor) and Oscar Soto Hernández (Industrial Engineering Researcher) from Kingston University; Andrés Elías Feijóo Lorenzo (university graduate) from the Universidad de Vigo; José Fernando Medina Padrón (Full University Professor) from the Universidad de Las Palmas; and Aday Carlos Martín Mederos (Industrial Engineer) in his capacity as Manager and Technical Director of ZECSA.

In general terms, the joint work consisted of the analysis and simulation of wind power behaviour to make the best use of energy on a specific viaduct located on the island of Gran Canaria in the municipal district of Agaete, as well as its integration into the electrical system.

The starting point was the work undertaken by ZECSA with an analysis of the existing onshore wind power potential, using the AEMET, the Spanish Met Office, anemometric stations' database, the Wind Resource Map developed by the ITC, the Canary Islands Technological Institute and the Wind Power Map of Spain, drawn up by the IDAE, the Institute for Energy Diversification and Saving. This prior knowledge allowed the areas with the

En líneas generales, el trabajo conjunto consiste en el análisis y simulación del comportamiento eólico para el aprovechamiento energético en un viaducto específico ubicado en la Isla de Gran Canaria, en el Término Municipal de Agaete, así como su integración en el sistema eléctrico.

El punto de partida fue el trabajo desarrollado por ZECSA, sobre el análisis del potencial eólico terrestre existente, utilizando para ello la base de datos de estaciones anemométricas de AEMET, el Mapa del Recurso Eólico desarrollado por el ITC (Instituto Tecnológico de Canarias) y el Mapa Eólico de España elaborado por el IDAE. Este conocimiento previo permitió zonificar las áreas de mayor potencial eólico para su estudio en detalle.

Una vez conocidos los datos anteriores y de forma coordinada entre los participantes, se efectuó la selección de un emplazamiento específico, en concreto el Viaducto del Barranco del Juncal, en la Carretera GC-2 tramo Gáldar - Agaete, perteneciente al término municipal de Agaete, Isla de Gran Canaria, Provincia de Las Palmas.

El siguiente paso fue disponer de todos los datos estructurales del viaducto del barranco del Juncal, información esencial para proyectar y ensayar mediante simulación informática el propósito del proyecto, en aras a lograr el mayor nivel de penetración eólica en una infraestructura existente. En abril de 2000 concluyó la construcción del viaducto del Juncal, empleándose a tal fin materiales como el hormigón y acero, con una reglamentación muy rigurosa en cuanto a soporte de cargas previstas y futuras, similar a la de nuestros días. Está constituido por tres tramos, que se apoyan sobre cuatro pilares agrupados de dos en dos. Dispone de una calzada con dos carriles de tránsito, uno para cada sentido, que se extiende a lo largo de 267 m.

La citada ubicación presenta unas condiciones de recurso eólico muy favorables, velocidades media superiores a los 7,5 m/s, una dirección del viento predominante prácticamente perpendicular al viaducto, elevado grado de regularidad por su cercanía a la zona costera de la isla y además la altura de la infraestructura y su disposición respecto del barranco permiten el estudio de múltiples alternativas.

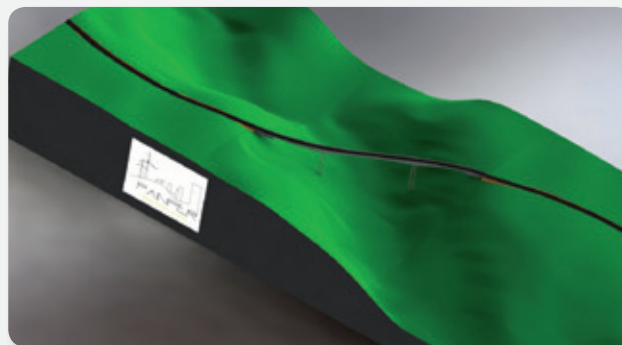
Las alternativas estudiadas se engloban en cuatro configuraciones básicas, que se describen a continuación de forma resumida:

- Configuración A: una turbina de 46 m de diámetro
- Configuración B: dos turbinas de diámetros diferentes, 46 m y 30 m.
- Configuración C: dos turbinas con el mismo diámetro, 26 m.
- Configuración D: múltiples turbinas, 24 turbinas de 6,1 m de diámetro.

En cuanto al procedimiento de simulación, que es uno de los principales hitos de esta colaboración entre universidades y empresa, cabe mencionar que se ha empleado como método numérico y algorítmico la técnica de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), que permite representar de la forma más fidedigna posible el comportamiento de las masas de aire.

El análisis CFD detecta las zonas sensibles propensas al estrés, cavitación, estelas, etc., efectos que pueden ser eliminados o minimizados a través de la optimización del diseño. Además ofrece valores y parámetros de cálculo de las innumerables simulaciones de la masa de aire como fluido, dando un diagnóstico detallado, permitiendo detectar los puntos clave para optimizar la eficiencia. También es imprescindible poner de relieve el hecho de que el análisis CFD proporciona un acceso virtual a las áreas que son físicamente imposibles de alcanzar en un laboratorio o en una infraestructura real, permitiendo la observación de los sistemas de coordenadas en estado inmóvil y en rotación, con perspectivas de observación ilimitadas.

La última etapa antes del inicio de las simulaciones consistió en la búsqueda de un elemento equivalente para las turbinas, que re-



greatest wind power potential to be divided into zones for their detailed study.

Once the above data was shared and coordinated between the participants, a specific site was selected, the Barranco del Juncal Viaduct on the GC-2 road on the stretch from Gáldar to Agaete, in the municipal district of Agaete, Las Palmas province, Gran Canaria.

The next step was to make all the structural data of the viaduct of the Barranco del Juncal available. This was essential information to project and test the aim of the project via computer simulation, in order to achieve a higher level of wind penetration into the existing infrastructure. The construction of the Juncal viaduct was completed in April 2000, built using concrete and steel and applying very rigorous standards as regards current and future loads support that are similar to those in force today. It comprises three spans resting on four pylons in pairs. It has a paved two-lane road, one for each direction and is 267 m long.

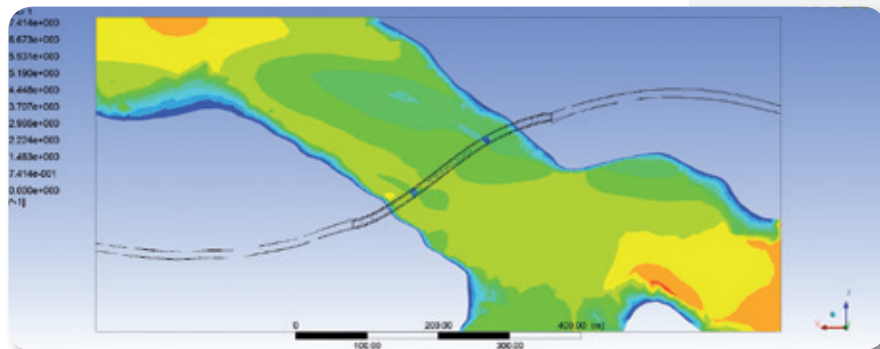
This location offers some very favourable wind conditions with average speeds of over 7,5 m/s, a predominant wind direction that is almost perpendicular to the viaduct, a high level of constancy due to its proximity to the island's coastline in addition to the height of the infrastructure and its layout as regards the Barranco, all resulted in the study of multiple alternatives.

The alternatives studied are encompassed in four basic configurations that are briefly described as follows:

- Configuration A: a 46m-diameter wind turbine
- Configuration B: two turbines with different diameters of 46m and 30m.
- Configuration C: two turbines with the same 26m diameter.
- Configuration D: multiple turbines, 24 turbines with diameters of 6.1m.

As regards the simulation procedure, which is one of the main milestones of this collaboration between universities and business, it is worth mentioning as a numerical and algorithmic method, that the Computational Fluid Dynamics (CFD) technique was used, thereby permitting the most accurate representation possible of the behaviour of air masses.

The CFD analysis detects sensitive areas with a propensity to stress, cavitation, stelaes, etc., all of which are effects that could be eliminated or minimised by applying optimal designs. In addition it offers calculation values and parameters on numerous simulations of the air mass as flow, giving a detailed diagnostic and detecting key points to optimise efficiency. It is also essential to highlight the fact that the CFD analysis provides a virtual access to areas that are physically impossible to reach in a laboratory or in a real infrastructure, allowing observation of the coordinated systems in both stationary



presentara su funcionamiento, pero que simplificará el sistema de cálculo, es ahí donde aparece la teoría del disco poroso. Ese disco poroso, matemáticamente expresado mediante las ecuaciones que lo definen, caracteriza el área de barrido del rotor de un aerogenerador, imitando su funcionamiento en lo que respecta al aprovechamiento de la energía eólica para la producción de energía.

De la observación exhaustiva de las simulaciones realizadas y su examen comparativo, se extraen una serie de valiosas conclusiones:

- La combinación del análisis CFD con la técnica del disco poroso permite obtener una visión detallada del potencial eólico existente en una infraestructura, evaluación que proporciona la información suficiente para mejorar los diseños de integración de turbinas.
- Estas técnicas de estudio son más precisas y con un coste bastante reducido respecto a las técnicas de medición in situ.
- En el caso concreto del viaducto del barranco del Juncal las dos configuraciones que presentaron valores más prometedores en cuanto a eficiencia y producción energética fueron la B (dos turbinas de diferente diámetro) y la D (multi-turbina). Finalmente se optó por la configuración B, cuyo índice de producción energética frente a superficie ocupada es bastante más elevado.

Los resultados obtenidos y la técnica empleada para su obtención están siendo difundidos entre la comunidad científica mediante diversas acciones, como la publicación de artículos técnicos, al objeto de proporcionar una nueva base para el estudio de infraestructuras existentes, donde se haya observado la posibilidad de instalación de dispositivos de captación eólica.

Intrínsecamente a la división eólica de PAINPER, ZECSA sigue trabajando en colaboraciones puntuales con acreditadas instituciones, en una serie de retos tecnológicos que permitan optimizar el diseño y la integración de turbinas eólicas en viaductos, ya sea de eje horizontal o vertical, así como la exploración de materiales que faciliten una reducción de los costes de fabricación y mantenimiento sin pérdida de prestaciones y operatividad. El mayor esfuerzo se centra en la reducción de las cargas dinámicas y estáticas sobre la infraestructura existente, desafío para el que las soluciones técnicas ofrecidas por ZECSA mostrarán un futuro más respetuoso con el medio ambiente.

PAINPER, es una oportunidad para las administraciones públicas para apostar por las renovables, y en concreto por tecnología innovadora Made in Spain, en línea con la investigación, desarrollo e innovación a nivel internacional. Al mismo tiempo PAINPER ofrece un nuevo ámbito de trabajo para las empresas del sector energético de carácter sostenible.



and rotation status, with unlimited observational techniques.

The last phase prior to the start of the simulations comprised the search for an equivalent element for the turbines, but that would simplify the calculation system, and this is where the theory of the porous disc comes in. This porous disc, mathematically expressed through the equations that define it, characterises the sweep area of a wind turbine rotor,

imitating its operation as regards maximising wind power to produce energy.

From the exhaustive observation of the simulations carried out and their comparative examination, a series of useful conclusions can be drawn:

- By combining CFD analysis with porous disc techniques, a detailed overview of the potential wind power existing in an infrastructure can be obtained, an assessment that provides sufficient information to improve the wind turbine integration designs.
- Such study techniques are more accurate and cost less compared to 'in situ' measuring techniques.
- In the specific case of the Barranco del Juncal Viaduct, the two configurations that offered the most promising values in terms of efficiency and energy production were B (two turbines with different diameters) and D (multi-turbine). Configuration B was finally chosen, whose energy production index compared to the occupied surface area is much higher.

The results obtained and the technique used for its achievement are being disseminated among the scientific community through a range of actions, such as the publication of technical articles, with the aim of providing a new basis for the study of existing infrastructures, in which the possibility of installing wind energy collection devices has been observed.

Intrinsically linked to the PAINPER wind power division, ZECSA continues to work on one-off collaborations with accredited institutions, in a series of technological challenges to optimise the design and integration of wind turbines into viaducts, whether on a horizontal or vertical axis, as well as the exploration of materials that bring about a reduction in manufacturing and maintenance costs without losing performance and operability. The greatest challenge focuses on reducing dynamic and static loads on the existing infrastructure, a challenge so that ZECSA's technical solutions can demonstrate a more environmentally-friendly future.

PAINPER is an opportunity for public administrations to commit to renewables, and specifically to the innovative

Made in Spain technology, in line with research, development and innovation at international level. At the same time PAINPER offers a new field of work for companies in the sustainable energy sector.



**Aday Martín**  
Gerente de ZECSA