

TIPOS DE SISTEMAS DE SEGUIMIENTO Y FIABILIDAD CON ENFOQUE EN LATINOAMÉRICA

EL USO DE SEGUIDORES SOLARES EN PROYECTOS FOTOVOLTAICOS A GRAN ESCALA ESTÁ EXPERIMENTANDO UN RÁPIDO CRECIMIENTO EN TODO EL MUNDO. SEGÚN EL INFORME DE GTM RESEARCH "GLOBAL SOLAR PV TRACKER MARKET SHARES AND SHIPMENTS 2018", LOS ENVÍOS MUNDIALES DE SEGUIDORES CRECIERON UN 44% EN 2017. GTM TAMBIÉN AFIRMA, QUE LOS DE LATINOAMÉRICA FUERON LOS MAYORES MERCADOS DE SEGUIDORES SOLARES, SEGUIDOS POR EE.UU. DE HECHO, GTM ESPERA QUE EL 80-90% DE TODOS LOS PROYECTOS FOTOVOLTAICOS A GRAN ESCALA QUE SE LLEVEN A CABO EN LATINOAMÉRICA EN 2018 USEN SEGUIDORES SOLARES. LA CONSULTORA INDEPENDIENTE TÜV RHEINLAND PTL HA PUBLICADO RECIENTEMENTE UN INFORME, ENCARGADO POR EL FABRICANTE DE SEGUIDORES SOLARES ARRAY TECHNOLOGIES, SOBRE EL ANÁLISIS ECONÓMICO Y DE RIESGO DE LAS DOS PRINCIPALES ARQUITECTURAS DE SEGUIMIENTO SOLAR (CENTRALIZADA Y DESCENTRALIZADA). EN EL PRESENTE ARTÍCULO RECOGEMOS LAS PRINCIPALES CONCLUSIONES DE ESTE INFORME, Y SU IMPORTANCIA EN LATINOAMÉRICA, DEBIDO A LA AMPLIA GAMA DE DESAFÍOS CLIMÁTICOS A LOS QUE SE ENFRENTAN LOS SEGUIDORES EN ESTA REGIÓN.

Está demostrado que los seguidores solares aumentan la producción de energía fotovoltaica a gran escala, además, el beneficio económico de usar un sistema de seguimiento solar es mayor en áreas de alta irradiación, lo que corresponde a mercados fotovoltaicos de rápido crecimiento, como Latinoamérica y las regiones MENA y APAC; dónde los seguidores solares están aumentando su cuota de mercado en grandes plantas frente a los sistemas de montaje de inclinación fija.

Si bien hay varios tipos de seguidores solares, son dos los predominantes: arquitectura impulsada de forma central (centralizada) y arquitectura individual impulsada por filas (descentralizada). La arquitectura centralizada consiste en un sistema impulsado por un solo motor, que vincula una línea motriz rotativa a varias filas de seguimiento. En una arquitectura descentralizada cada fila funciona como una unidad autónoma.

La consultora TÜV Rheinland PTL (TÜV) ha publicado recientemente un informe sobre el análisis económico y de riesgo de estas dos arquitecturas de seguimiento solar. TÜV ha realizado un exhaustivo estudio de ambos sistemas; sus componentes, diseño y capacidad para soportar las condiciones ambientales típicas de las plantas fotovoltaicas, incluidas tormentas, vientos fuertes sostenidos y grandes variaciones de temperatura.

Desafíos de Latinoamérica

Latinoamérica es uno de los mercados de seguidores solares más competitivo, ya que cuenta con la presencia de fabricantes europeos y estadounidenses. Sin embargo, no todos los sistemas de seguimiento resultan adecuados para los diferentes climas y terrenos de esta región.

México

México ofrece irradiación solar durante todo el año, pero corre un gran riesgo de sufrir huracanes, que se dan con más frecuencia en la costa este. En ciertas partes de México, los huracanes no son un evento meteorológico extraordinario, sino que pueden ser algo común entre junio y noviembre. En promedio, los huracanes azotan el país hasta siete veces por temporada.



TRACKING ARCHITECTURE AND RELIABILITY WITH A FOCUS ON LATIN AMERICA

THE USE OF SOLAR TRACKERS IN UTILITY-SCALE PV PROJECTS IS GROWING RAPIDLY AROUND THE WORLD. ACCORDING TO THE GTM RESEARCH REPORT "GLOBAL SOLAR PV TRACKER MARKET SHARES AND SHIPMENTS 2018", TRACKER SHIPMENTS GREW BY 44% GLOBALLY IN 2017. GTM ALSO FOUND THAT LATIN AMERICAN COUNTRIES WERE THE LARGEST MARKETS FOR SOLAR TRACKERS, FOLLOWED BY THE US. INDEED, GTM EXPECTS 80-90% OF ALL UTILITY-SCALE PV PROJECTS DEPLOYED IN LATIN AMERICA THIS YEAR TO USE TRACKER SYSTEMS. INDEPENDENT CONSULTANCY TÜV RHEINLAND PTL HAS RECENTLY PUBLISHED A REPORT, COMMISSIONED BY SOLAR TRACKER MANUFACTURER ARRAY TECHNOLOGIES, ON THE ECONOMIC AND RISK ANALYSIS OF THE TWO MAIN TRACKER ARCHITECTURES (CENTRALISED AND DECENTRALISED). THIS ARTICLE SETS OUT THE MAIN CONCLUSIONS OF THIS REPORT, AND THEIR SIGNIFICANCE FOR LATIN AMERICA DUE TO THE EXTENSIVE RANGE OF CLIMATIC CHALLENGES FACING TRACKERS IN THIS REGION.

It has been proven that solar trackers increase the utility-scale production of PV energy. Moreover, the economic benefits of using a solar tracking system is greater in areas of high irradiation, which correspond to rapidly growing PV markets, such as Latin America, the MENA and APAC regions, where solar trackers are increasing their market share in large plants over fixed tilt mounting systems.

While a variety of solar trackers are available, two predominate: centrally driven architecture (centralised) and individual row driven architecture (decentralised). A centralised architecture involves a system driven by a single motor linked by a rotating driveline to multiple tracker rows. In a decentralised architecture, each row operates as a self-contained unit.

Consultants TÜV Rheinland PTL (TÜV) recently published a report on the economic and risk analysis of these two solar tracking architectures. TÜV has undertaken an exhaustive analysis of both systems, their components, design and capacity to withstand the typical environmental conditions of the PV plants, including storms, strong winds sustained over time and wide variations in temperature.

Latin American challenges

The Latin American PV market is one of the most highly competitive tracker markets, given the presence of European and US manufacturers, however, not all tracker systems are suited to the region's varied climates and geographies.

Mexico

Mexico offers year-round solar irradiation, however there is a high risk of hurricanes which occur most frequently along the east coast. In certain parts of Mexico, hurricanes are no extraordinary weather event but a commonplace occurrence between June and November. On average, the country is hit by hurricanes as much as seven times per season.

The main characteristic of a hurricane is the extreme force of the wind, with steady speeds of over 200 km/h that can cause irreversible damage to PV arrays. Robust and durable tracker architectures are therefore required, specifically

La principal característica de los huracanes es la extrema fuerza del viento, con vientos constantes de más de 200 km/h, que pueden causar daños irreversibles en las instalaciones fotovoltaicas. Por tanto, se requieren arquitecturas de seguidores robustas y duraderas, diseñadas específicamente para mitigar los efectos de los fuertes vientos. Además, los huracanes causan fuertes precipitaciones que, en combinación con los fuertes vientos, pueden provocar inundaciones en ciertas áreas. Algunos equipos electrónicos delicados como las CPU y los sensores no están diseñados generalmente para soportar la inmersión en agua salada o la corrosión provocada por la arena de la playa.

La península de Baja California cuenta con la radiación solar más alta del país. El clima árido y su ubicación sur significan que la radiación de alta intensidad rara vez se ve interrumpida por la nubosidad, y mucho menos por la lluvia. Sin embargo, el clima árido va acompañado de fuertes vientos periódicos, que arrastran grandes cantidades de partículas de arena fina que pueden penetrar en componentes electrónicos delicados. Esto puede provocar daños y tiene el riesgo de generar un fallo prematuro del sistema de seguimiento. En la parte oriental de México, los altos niveles de humedad pueden causar fallos en los sensores y la CPU debido a la entrada de agua.

Además, las altas temperaturas de la región pueden disminuir la vida útil de las baterías, lo que aumenta los costes de O&M de los sistemas de seguimiento que requieren baterías.

Argentina

Debido a su gran tamaño, Argentina reúne una multitud de condiciones climáticas y propiedades geográficas que afectan al rendimiento de los seguidores. Por ello, el uso de sistemas de seguimiento generalmente se limita a las regiones del Chaco, al norte, y al noroeste.

En la provincia del Chaco, lo más notable son los duros cambios de temperatura a los que se ve sometido el seguidor. Las temperaturas durante el verano pueden alcanzar los 49 °C y las fuertes heladas del invierno están por debajo de -6 °C. Un rango de temperatura tan amplio requiere un equipo de seguimiento robusto, para reducir la posibilidad de fallos. Con diferenciales de temperatura tan extremos, las baterías se degradarán rápidamente, lo que requerirá un reemplazo más frecuente y aumentará el coste de su vida útil.

En el noroeste, las altas temperaturas en verano y las heladas del invierno van acompañadas de fuertes vientos, especialmente en las montañas, el Zonda (viento que se origina en la Antártida) puede alcanzar ráfagas de hasta 200 km/h.

Chile

Debido a los altos niveles de irradiación solar en la región del Desierto de Atacama, los sistemas de seguimiento son muy comunes en este entorno único. En el desierto, la generación solar no se ve obstaculizada por la nubosidad o incluso por la leve humedad atmosférica. Si bien estos son factores beneficiosos, las temperaturas extremadamente bajas, debido a la gran altitud del terreno, hacen que los equipos deban resistir heladas durante todo el año.

Ingeniería, diseño y operación

Debido a la amplia gama de desafíos climáticos a los que se enfrentan los sistemas de seguimiento en Latinoamérica, los resultados del informe de TÜV son de gran importancia. Si bien el informe arroja una serie de resultados favorables sobre los componentes individuales y el diseño del sistema centralizado, destaca cuatro hallazgos clave:

- El número de posibles puntos de fallo, tanto en componentes eléctricos como mecánicos, en los sistemas descentralizados es mucho



designed to mitigate the effects of high winds. Hurricanes also bring heavy precipitation which, in combination with the strong winds, can cause flooding in certain areas. Some delicate electronic equipment, such as CPUs and sensors are not usually designed to withstand submersion in salt water or the corrosion caused by beach sand.

The Baja California peninsula offers Mexico's highest solar irradiation. Its arid climate and location mean that high intensity irradiation is rarely interrupted by cloud cover, let alone rainfall. However, the arid climate is accompanied by periodic strong winds that whip up large amounts of fine sand particles that can penetrate delicate electronic components. This can cause damage and introduce the risk of premature tracker system failure. In the eastern part of Mexico, the frequent high levels of humidity can cause sensor or CPU failure due to water ingress.

In addition, the high temperatures in the region can adversely affect battery service life, increasing operation and maintenance (O&M) costs for tracker systems that require batteries.

Argentina

The country's large size brings together a host of weather conditions and geographical properties that affect tracker performance. For this reason, the use of tracker systems is generally limited to the northern regions of the Chaco and the Northwest.

The province of the Chaco is known for harsh temperature swings, to which the solar tracker is subjected. Temperatures during the summer can reach 49°C and severe frosts in the winter can drop to under -6°C. Such a wide temperature range requires robust tracker equipment in order to reduce the possibility of failure. With these extreme temperature differentials, batteries quickly degrade, requiring more frequent replacement and incurring much higher system lifetime costs.

In the Northwest, high summer temperatures and winter frosts are accompanied by strong winds, particularly in the mountains, where the Zonda (a wind that originates in Antarctica) can reach gusts of up to 200 km/h.

Chile

Due to the high levels of solar irradiation in the Atacama Desert region, tracker installations are very common in this unique environment. In the desert, solar generation is not impeded by cloud cover or even by mild atmospheric humidity. Although these are beneficial factors, the extremely low temperatures due to the region's height above sea level mean that the equipment must withstand year-round frosts.

Engineering, design and operation

Given the wide range of climatic challenges facing tracker systems in Latin America, the results of the TÜV report are

mayor que en los centralizados. Tomados en conjunto, suponen la razón principal por la que el informe concluye que los costes de mantenimiento no programados asociados a los sistemas descentralizados son muy superiores que los de los centralizados.

- Cuando se enfrenta a altas cargas de viento, el seguidor central estudiado tiene un diseño de dispersión de carga estructuralmente robusto y una estrategia de mitigación de viento alta, lo que reduce el riesgo para la propia estructura de seguimiento y los módulos fotovoltaicos.
- El sistema centralizado utiliza componentes de uso comercial, no patentados y fácilmente disponibles para sus motores y *hardware* de control electrónico. Por tanto, pueden ser fácilmente reemplazados en el improbable caso de fallo.
- El seguidor centralizado no necesita baterías, que reducen su funcionalidad si se someten a altas temperaturas (más de 40°C), y pueden dañarse físicamente cuando se cargan a temperaturas inferiores a 0°C o superiores a 50°C. TÜV Rheinland también descubrió que, aunque el fabricante especificaba una vida útil de diez años para las baterías, el reemplazo se produjo con mayor frecuencia en un sitio inspeccionado. Partiendo de este hecho, TÜV Rheinland sugiere que se reduzca a siete años la vida útil prevista para las baterías. El sistema centralizado no usa baterías y, por lo tanto, tiene cero coste de reemplazo de la batería durante la vida útil de la instalación fotovoltaica.

Implicaciones financieras

Una de las mediciones más comúnmente utilizadas por los inversores para evaluar la viabilidad económica de las inversiones en generación de energía es el coste nivelado de la electricidad (LCOE) del proyecto.

El análisis económico se basa en un sistema de 100 MW con una vida útil de 30 años a una tasa de descuento del 10%. Si bien los dos sistemas de seguimiento muestran un rendimiento y costes de instalación similares, la principal diferencia radica en los gastos de O&M fijos y variables. El sistema centralizado evaluado ofrece importantes ventajas de costes, con ahorros de más de 12,5 M\$ durante la vida útil en comparación con el sistema descentralizado. Ambas tecnologías cuentan con un caso de negocio viable demostrado y se pueden instalar de forma rentable con valores reales positivos. Sin embargo, la arquitectura centralizada evaluada es más ventajosa, ya que ofrece un LCOE un 6,7% más bajo y una ventaja del VAN del 4,5%.

La ventaja del coste operativo de los sistemas centralizados se debe principalmente a que el diseño de planta es más robusto y los requisitos de mantenimiento para los componentes de los seguidores son mínimos comparativamente hablando. Los sistemas descentralizados utilizan una gran cantidad de componentes, lo que aumenta el riesgo de fallo del sistema. En consecuencia, los gastos de inspección y suministro de esos componentes claramente superan cualquier ventaja potencial de los sistemas descentralizados. En el caso de condiciones climáticas extremas, que pueden ocurrir en toda Latinoamérica, como temperaturas muy altas o bajas o grandes cargas de viento, la vulnerabilidad de los sistemas descentralizados aumenta y la ventaja de costes de los sistemas centralizados es aún mayor.

El riesgo que suponen los sistemas descentralizados se agrava aún más en caso de quiebra del proveedor. Mientras que los componentes de los sistemas centralizados pueden ser reemplazados con repuestos industriales, el sistema descentralizado requeriría un rediseño de todo el sistema de control de los sistemas patentados en caso de que el seguidor hubiese dejado de fabricarse.



extremely important. While the report delivered a range of favourable findings regarding individual components and the design of the centralised system, it highlights four key findings:

- The number of potential failure points in decentralised systems, in both electrical and mechanical components, is much greater than in centralised systems. Taken as a whole, these are the primary reason why the report concludes that unscheduled maintenance costs associated with the decentralised systems are much higher than in centralised architecture.
- When faced with high wind loads, the centralised tracker studied has a structurally robust load dispersal design and a high wind mitigation strategy, which reduces the risk to the tracking structure and to the PV modules.
- The centralised system utilises commercially-rated, non-proprietary and readily-available components for its motors and electronic control hardware. As such, they are easy to replace in the unlikely event of failure.
- The centralised solar tracker does not require batteries, whose performance can suffer if subjected to high temperatures (over 40°C), and can be physically damaged when charged at temperatures below 0°C or above 50°C. TÜV Rheinland also found that, while battery units have a stated manufacturer lifespan of ten years, replacement takes place more frequently at one of the sites inspected. Given this scenario, TÜV Rheinland suggests that the expected lifetime of the batteries be reduced to seven years. Without batteries, there are zero replacement battery costs over the service life of the PV array.

Financial implications

One of the most common metrics used by investors to assess the economic viability of investments in energy generation is the project's levelised cost of electricity (LCOE).

The economic analysis is based on a 100 MW system with a service life of 30 years at a discount rate of 10%. While the two tracker systems show similar performance and installation costs, the main difference lies in the expenditures for fixed and variable O&M. The centralised system assessed delivers significant cost advantages with lifetime savings of more than US\$12.5m over the decentralised system. Both technologies have a proven viable business case and can be deployed profitably with positive net present values (NPV). However, the centralised architecture evaluated is preferable, delivering 6.7% lower LCOE and an NPV advantage of 4.5%.

The operational cost advantage of centralised systems is mainly due to a more robust plant design and comparatively minimal maintenance requirements for the installed tracker components. Decentralised systems use a large number of components, which increases the risk of system failure. Consequently, the costs of inspecting and supplying these components clearly outweigh any potential benefits of decentralised systems. In the case of the extreme weather conditions that can occur throughout Latin America, such as very high or low temperatures or extreme wind loads, the vulnerability of decentralised systems increases, making the cost advantage of centralised systems even higher.

The risk of decentralised systems is further aggravated in the event of supplier insolvency. While centralised system components can be replaced with industrial spares, the decentralised system would require a complete redesign of the entire patented control system in the event the tracker is no longer being manufactured.