

ANÁLITICA AVANZADA PARA PLANTAS FOTOVOLTAICAS EN OPERACIÓN

DESDE LOS COMIENZOS DE LA INDUSTRIA SOLAR, LOS PROPIETARIOS DE ACTIVOS HAN DEDICADO POCOS RECURSOS AL SEGUIMIENTO DE LA OPERACIÓN DE PLANTAS FOTOVOLTAICAS. LA APARENTE AUSENCIA DE PALANCAS ACCIONABLES, LAS TARIFAS REGULADAS, ASÍ COMO LA SUPUESTA SENCILLEZ DE DATOS Y MÉTRICAS OBTENIBLES HAN PROVOCADO, HISTÓRICAMENTE, ESCASEZ DE RECURSOS ASIGNADOS A UNA ACTIVIDAD CRÍTICA PARA EL NEGOCIO Y QUE POR SUPUESTO NO ES TRIVIAL. EL PARQUE OPERACIONAL FOTOVOLTAICO SIGUE CRECIENDO GLOBALMENTE CON APROXIMADAMENTE 770 GW ACUMULADOS PREVISTOS A FINAL DE 2020, LO QUE PONE EN VALOR LA IMPORTANCIA DE PROPORCIONAR, EN UN MERCADO ULTRA-COMPETITIVO COMO EL ACTUAL, UNAS MÉTRICAS Y ANALÍTICAS ADECUADAS PARA MAXIMIZAR LA GENERACIÓN DE NUESTROS ACTIVOS Y MEJORAR LOS RETORNOS DE LA INVERSIÓN.

La metodología de UL

La metodología de UL se apoya en pasos fundamentales, cuya ejecución requiere de herramientas y códigos perfeccionados por UL durante años dando servicio a la industria global. La automatización del proceso le permite abordar tareas masivas, que sin los códigos adecuados se tornan muy complejas si se busca precisión en el resultado.

1. Tratamiento de datos: todas las variables de SCADA, incluyendo datos de irradiación, temperatura, inversores, seguidores y contadores de energía se compilan y procesan algorítmicamente para detectar y corregir cualquier posible influencia con efecto en una menor calidad de datos incluyendo huecos de datos, problemas de sincronización, o problemas con los sensores como desorientación, obstrucción o derivas metrológicas. Este paso es crítico para la precisión de los resultados.
2. *System Performance Model*: la parte crítica de la analítica avanzada pivota sobre el modelo de *full performance*. Para su generación se utiliza información específica de proyecto, componentes y diseño como *inputs* para generar la salida esperable a nivel inversores o contadores para cada nivel de irradiación y temperatura. Esto permite obtener la máxima salida esperable sin tener en cuenta pérdidas de calidad de módulos, *soiling*, degradación, disponibilidad, etc.
3. Análisis de desvíos y atribución de pérdidas: Se cuantifican a través de modelos propios para la determinación de cada una de las 17 categorías que el modelo de UL es capaz de determinar en función de los datos disponibles.
4. Síntesis, detalles y proyecciones: Los resultados del análisis se sintetizan en métricas de gran utilidad tanto desde el punto de



ADVANCED ANALYTICS FOR OPERATIONAL PV PLANTS

FROM THE EARLIEST DAYS OF THE SOLAR INDUSTRY, ASSET OWNERS HAVE ALLOCATED FEW RESOURCES TO THE MONITORING OF PV PLANT OPERATION. THE APPARENT ABSENCE OF ACTIONABLE LEVERS, REGULATED TARIFFS, AS WELL AS THE SUPPOSED SIMPLICITY OF ACHIEVABLE DATA AND METRICS HAS HISTORICALLY RESULTED IN SCANT RESOURCES BEING SET ASIDE FOR AN ACTIVITY THAT IS CRITICAL FOR THE BUSINESS AND WHICH OF COURSE IS NO TRIVIAL MATTER. THE OPERATIONAL PV STOCK CONTINUES TO GROW WORLDWIDE, WITH A CUMULATIVE TOTAL OF SOME 770 GW FORECAST FOR THE END OF 2020. IN TODAY'S ULTRA-COMPETITIVE MARKET, IT IS ESSENTIAL THAT THE APPROPRIATE METRICS AND ANALYTICS ARE PROVIDED, IN ORDER TO MAXIMISE ASSET GENERATION AND IMPROVE THE RETURN ON INVESTMENT.

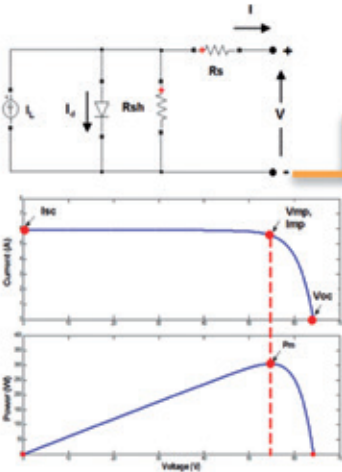
The UL methodology

The UL methodology is based on key steps, whose execution requires codes and tools that have been improved by UL over the years, to serve the global industry. Process automation is able to handle massive tasks which, without the appropriate codes, can become very complex where accurate outcomes are required.

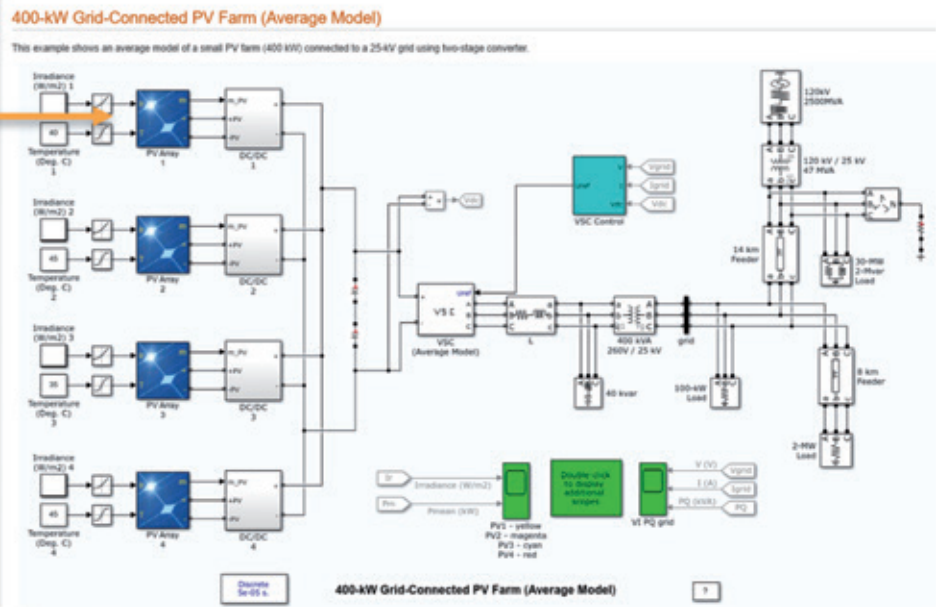
1. Data processing: every SCADA variable, including data on irradiation, temperature, the inverters, trackers and energy meters, is algorithmically compiled and processed to detect and correct any possible influence that might have the slightest effect on data quality. These include data gaps, synchronisation issues or problems with the sensors, such as misalignment, obstruction or weather anomalies. This step is critical for outcome accuracy.
2. System Performance Model: the critical part of advanced analytics pivots around the full performance model. Specific information on the project, its components and design are used as inputs to generate the expected output at inverter or meter level for each temperature and irradiation level. This allows the maximum expected output to be obtained, without taking into account module quality losses, soiling, degradation, availability, etc.
3. Deviation analysis and loss attribution: These are quantified via proprietary models to determine each of the 17 categories that the UL model is able to determine, based on the data available.
4. Synthesis, details and projections: The results of the analysis are synthesised into extremely useful metrics, from the point of view of both operator and owner. The different losses obtained in step 3 are integrated into a waterfall loss model that is able to visualise the falls in each category attributed to each period. Long-term projections can also be made to thereby focus on those areas where it is possible to improve the ROI.

System Performance Model (SPM)

The UL model uses specific final design inputs for each plant (modelling the modules and inverters, string design, module layout and orientation, land gradient, operational details of the trackers and backtracking strategies,



Example of a System Performance Model



400-kW Grid-Connected PV Farm (Average Model)

vista del operador, como del propietario. Las diferentes pérdidas obtenidas en el paso 3 se integran en un modelo de cascada de pérdidas que permite visualizar las caídas en cada categoría atribuible para cada periodo y poder hacer proyecciones a largo plazo así como enfocar las áreas donde es posible actuar para mejorar el retorno.

System Performance Model (SPM)

El modelo de UL utiliza *inputs* específicos del diseño final para cada planta (modelo de módulos e inversores, diseño de *strings*, *layout* y orientación de módulos, pendientes del terreno, detalles de funcionamiento de los seguidores y estrategias de *backtracking*, elevaciones, ángulo horizonte, albedo, diseño eléctrico, etc.). Una vez realizado el tratamiento de datos inicial, se obtienen las salidas esperadas de la planta en las condiciones de operación. El SPM empleado, integra el modelo de un diodo para caracterizar el comportamiento del campo fotovoltaico y estimar de forma precisa las expectativas de generación en las condiciones climáticas reales de operación evaluando de forma independiente el impacto de pérdidas sistemáticas como la disponibilidad, el *soiling* o el impacto de degradación (siempre que haya un histórico representativo para este último parámetro).

Para determinar la irradiación disponible en el plano de captación de módulo (*Plane of Array, POA*), el SPM emplea modelos de transposición típicos en la industria (Perez, Hay/Davies, King, Reindl, Klucher, etc.) que permiten estimar la POA en caso de que solo se disponga de medición GHI en la planta o en aquellos casos en los que la medición POA en planta no sea adecuada. Por último, se utiliza el modelo King para estimar la variación de temperatura entre las caras del módulo utilizando la temperatura del mismo, la irradiación y los parámetros técnicos del módulo empleado.

Pérdidas sistemáticas

El SPM a través de la implementación del modelo de un diodo permite determinar con precisión las pérdidas atribuibles al lado DC del activo (calidad módulos, degradación o *soiling*).

Después se modelizan las pérdidas en el inversor para cuantificar su eficiencia, limitaciones de potencia, o disponibilidad. Finalmente se determinan las pérdidas eléctricas entre inversor, transformador BT/MT y los contadores de energía.

elevations, horizon angle, albedo, electrical design, etc.). Having processed the initial data, the expected plant outputs under operating conditions are obtained. The SPM used integrates single-diode models to characterise the behaviour of the PV field and accurately estimate generation expectations under real operating weather conditions, by independently evaluating the impact of systematic losses, such as availability, soiling and the impact of degradation (provided representative historic data is available for this latter parameter).

To determine the available irradiation on the Plane of Array (POA), the SPM uses industry-standard transposition models (Perez, Hay/Davies, King, Reindl, Klucher, etc.), which are able to calculate the POA in the event that only the GHG measurement is available at the plant or in those cases in which the POA measurement for the plant is inadequate. Lastly, the King model is used to calculate the temperature variation between the faces of the module, using its own temperature, the irradiation and the technical parameters of the module used.

Systematic losses

By using single-diode models, the SPM can accurately determine the losses attributable to the DC side of the asset (module quality, degradation and soiling).

Next the losses in the inverter are modelled to quantify its efficiency, output limitations and availability. Finally, the electrical losses between the inverter, transformer LV/MV and the energy meters are determined.

To quantify each loss, the UL models achieve highly accurate metrics at inverter level, in relation to degradation (by filtering out the influence of other parameters during time drift, evaluating a period of representative data in order to determine this effect), as well as seasonal losses, such as the impact of soiling.

Backtracking losses are detected in periods of shading between neighbouring modules, which cause sudden, pronounced and distinguishable anomalies between modules, depending on their layout.

Lastly, limitations at inverter level is identified by comparing the expected inverter generation with real weather conditions against the actual generation obtained. Deviations can thus

Para la cuantificación de cada una de las pérdidas, los modelos de UL permiten obtener con la máxima precisión posible métricas a nivel de inversor, relativas a la degradación (eliminando mediante filtrado la influencia de otros parámetros en la deriva temporal, evaluando un periodo de datos representativo para poder determinar este efecto) así como pérdidas estacionales tales como el impacto del *soiling*.

Las pérdidas de *backtracking* se detectan en los periodos de sombra entre módulos vecinos, que provocan anomalías de producción repentinas, acusadas y diferenciales entre módulos según su disposición.

Por último la detección de limitaciones a nivel inversor se consigue comparando la expectativa de generación del inversor con las condiciones climáticas reales versus la generación real por lo que se pueden observar desviaciones en caso de que el inversor no esté trabajando en su punto de máxima potencia MPPT, pudiendo determinar un efecto *clipping* en los mismos. Si hay registros de limitación de potencia en el punto de entrega, el dato se clasifica como tal, si no, se categoriza como relativo al inversor. Así mismo la difusión de las limitaciones a nivel planta, permite también una mejor clasificación de la pérdida.

Que beneficios aporta la analítica avanzada en plantas fotovoltaicas

La evaluación rigurosa del rendimiento de las plantas permite evaluar la realidad operativa del activo. Categorizar y cuantificar las pérdidas atribuibles a cada partida, clasificar los factores que provocan desvíos frente a los programados y actualizar las proyecciones y expectativas de producción de la planta en base a los resultados obtenidos.

Con dichos resultados los clientes son capaces de identificar y abordar acciones correctivas específicas enfocadas a optimizar la producción así como el retorno para valorar su implementación.

La analítica de UL para parques fotovoltaicos está disponible en dos formatos:

- Evaluación *offline*: el cliente nos proporciona datos para un periodo operativo de la planta y a través de los cuatro pasos (tratamiento de datos, SPM, categorización pérdidas, *waterfall*) se genera un informe con resultados detallados y recomendaciones de mejora.
- RAMP (*Renewables Asset Management Platform*): la herramienta multi-tecnología de UL para monitoreo *online* de parques acoge un set ajustado a la operativa *online* de los algoritmos utilizados para la evaluación *offline*. Esto permite la obtención y visualización de resultados en automático compatibles con la realización de un estudio específico en caso de que algunas plantas del portfolio requieran de una revisión más de detalle.

Por último, las capacidades analíticas de UL en fotovoltaica se complementan con las existentes tanto en eólica como almacenamiento poniendo a disposición de los clientes de UL todas las capacidades integrales para abrir la puerta al conocimiento y la gestión digital de plantas híbridas, el futuro de nuestra Industria.



be observed in the event that the inverter is not working at its maximum MPPT output, which might signal a clipping effect in the inverters. If there are instances of output limitation at the point of delivery, the data is classified as such; otherwise it is categorised as relating to the inverter itself. Similarly, an improved loss classification is achieved by disseminating limitations at plant level.

The benefits of advanced analytics for PV plants

Rigorous assessment of plant performance can determine the operational reality of the asset. By categorising and quantifying the losses attributable to each item, and classifying the factors that cause deviations compared to those programmed, updated projections and expectations regarding plant production are achieved based on the outcome obtained.

These results enable clients to identify and address specific corrective actions that focus on optimising production, as well as the ROI, in order to evaluate their implementation.

UL analytics for PV plants is available in two formats:

- Offline assessment: the client provides plant data for a specific operational period and by following the four steps (data processing, SPM, loss categorisation, waterfall), a report is generated containing detailed results and recommendations for improvement.
- RAMP (*Renewables Asset Management Platform*): the multi-technology platform from UL to monitor PV plants online incorporates a tool designed to operate the algorithms used for offline assessment online. This automatically obtains and visualises results to create a specific report, in the event that some plants in the portfolio require a more detailed review.

Lastly, the analytical capabilities of UL in photovoltaics are complemented by those the company already offers for wind power and energy storage, providing UL clients with access to every integrated capability to open the door to knowledge and the digital management of hybrid plants - the future of our industry.



José Javier Ripa Serrano

Director Desarrollo Negocio, UL Renovables Europa y Latinoamérica.
Business Development Manager, UL Renewables Europe and Latin America.