



CONFERENCIA DE INFORMÁTICA,
MATEMÁTICA Y
CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

Universidad de Holguín, 2020

NORMALIZACIÓN DE BASES DE DATOS GENERADAS POR SISTEMAS SCADA EN EL PARQUE EÓLICO DE GIBARA II APLICANDO PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETO.

Database standardization generated by SCADA systems in the Gibara II Wind Farm Applying Object Oriented Programming.

Ing. Lester Chacón Medina ¹, Msc. Yorley Arbella Feliciano ², Ing. Gilberto Parra Sierra ³.

¹ Empresa de Aplicaciones Inforáticas, Desoft, Cuba, lester.chacon@desoft.cu,
² Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”, yorley.arbella@gmail.com, ³ Consultoría Económica, CANEC, gilberto.parra@yahoo.com.

RESUMEN

La generación eléctrica se ha convertido en uno de los procesos más importantes para elevar el desarrollo económico y la calidad de vida de una sociedad. Sin embargo el encarecimiento de los combustibles fósiles ha provocado que se busquen nuevas formas para generar energía eléctrica, es aquí donde la generación mediante fuentes de energía renovables (FER) ganan cada vez más adeptos a nivel internacional. En Cuba como parte de la política aprobada por el Estado y el Gobierno, dirigida a fomentar el uso de las (FER), se pone en explotación en el 2010 el Parque Eólico (PE) Gibara, donde se dispone de turbinas de viento (WT), con sistemas de Supervisión Control y Adquisición de Datos (**SCADA**). Estos sistemas monitorean estados de comportamiento por agregados, que generan cada 10 minutos un registro de monitoreo por parámetro en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, lo cual permitía realizar análisis instantáneos y precisos de las variables de funcionamiento en los equipos estudiados. Por la configuración existente en el SCADA, no se almacenaba de forma continua en una sola base de datos relacional (BDR) los registros generados, constituyendo una limitación para estudios predictivos con aplicación de minería de datos y técnicas de inteligencia artificial (IA). Por lo antes mencionado se realizó un estudio con el empleo de lenguajes de Programación Orientado a Objetos (POO) y (BDR), que permitió normalizar los datos de salida del sistema para su uso en la predicción de generación y patrones de comportamiento técnicos.



CONFERENCIA DE INFORMÁTICA,
MATEMÁTICA Y
CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

Universidad de Holguín, 2020

Palabras clave: **WT; SCADA; BDR; POO**

ABSTRACT

Electricity generation has become one of the most important processes to raise economic development and the quality of life of a society. However, the rise in fossil fuels has led to the search for new ways to generate electrical energy. This is where generation through renewable energy sources (RES) gains more and more followers internationally. In Cuba as part of the policy approved by the State and the Government, aimed at promoting the use of (FER), the Gibara Wind Farm (PE) was put into operation in 2010, where wind turbines (WT) are available. , with Supervision Control and Data Acquisition (SCADA) systems. These systems monitor states of behavior by aggregates, which generate a monitoring record per parameter every 10 minutes in a Microsoft Excel spreadsheet, which allowed for instantaneous and precise analysis of the operating variables in the equipment studied. Due to the existing SCADA configuration, it did not store the generated records continuously in a single relational database (BDR), constituting a limitation for predictive studies with application of data mining and artificial intelligence (AI) techniques. Based on the aforementioned, a study was carried out using Object Oriented Programming (POO) and (BDR) languages, which made it possible to normalize the output data of the system for use in predicting generation and technical behavior patterns.

Keywords: **WT; SCADA; BDR; POO.**

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la IA ha permitido que sus diferentes técnicas sean aplicadas a la solución de múltiples problemas. Hoy es común el empleo de los modelos de Machine Learning (ML) también conocidos como Modelos de Aprendizaje Automático (MAA), en la modelación de procesos que por su complejidad serían prácticamente imposibles de simular sin las nuevas tecnologías de la información.

Los lenguajes de programación también han evolucionado y en los últimos años uno de los que se ha destacado por la simpleza de su sintaxis es Python. “Se orienta en torno a una filosofía que da directrices muy claras permaneciendo extremadamente flexible” (Chazallet 2016). “El lenguaje incorpora demás potentes librerías para el trabajo científico como *Pandas* para acceder y organizar los datos, *Numpy* que permite trabajar de forma eficiente con datos en vectores y matrices y *Matplotlib* para el trabajo con gráficos” (Chinea, Jorge, y Galán 2019). El uso de este lenguaje unido a las técnicas de ML ha



**CONFERENCIA DE INFORMÁTICA,
MATEMÁTICA Y
CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN**

Universidad de Holguín, 2020

sido ampliamente utilizado en la gestión de datos para la predicción de comportamiento en las variables de funcionamiento de las WT en PE estudiados a nivel internacional. La energía eólica instalada en el mundo creció un 9,6% en 2018, hasta situarse en 591.000 MW, según datos del Global Wind Energy Council (GWEC). Como se muestra en la **Figura.1**, China, Estados Unidos, Alemania, India y España son los primeros productores mundiales.(AEE s. f.)

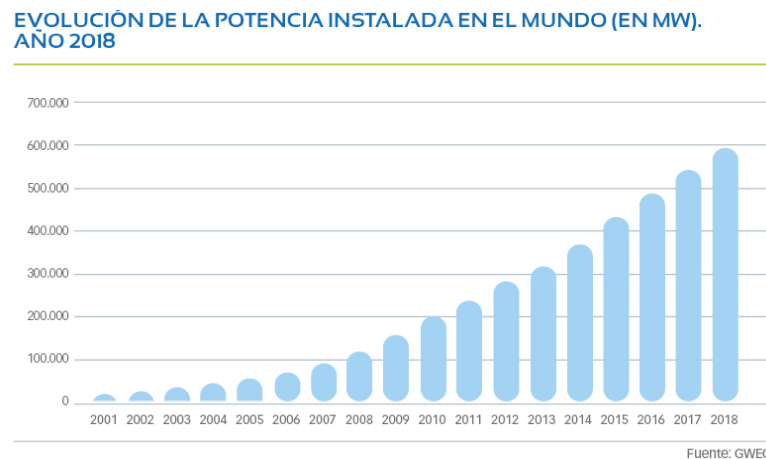


Figura 1. Evolución de la potencia eólica instalada.

En Cuba avanzan los programas para potenciar el uso de las FER y junto a ellos los programas de informatización de los procesos de generación, “en la provincia de Holguín, el proceso inversionista que concluirá con la construcción y puesta en uso de tres PE recibe la atención priorizada de directivos y personal técnico de la Empresa Eléctrica de la provincia”. (Germán Veloz Placencia s. f.)

Tener la capacidad de predecir cómo se van a comportar técnicamente los equipos en los PE es de gran importancia para el ahorro de combustibles que se emplean en la generación tradicional de energía, por ello la necesidad de agrupar en una sola BD los valores de salida de los sensores incorporados a las WT que permitan predecir fallas y disminuir las tareas de mantenimiento.

“El PE Gibara 2 cuenta con 6 WT Goldwind S50/750” (Moreno, Leiva, & Matos, 2016) (potencia 750 kW, diámetro 50 m) para una potencia nominal total de 4500 kW, al realizar un análisis los datos de salida de los sistemas (SCADA) que controlan las variables de funcionamiento del PE, “lo cual es de vital importancia en estudios predictivos”(Gonzalez, Stephen, Infield, & Melero, 2019), se detectó como deficiencia que los datos de salida se encontraban en ficheros con extensión xls de 144 registros



CONFERENCIA DE INFORMÁTICA,
MATEMÁTICA Y
CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

Universidad de Holguín, 2020

cada uno, pero solo almacenaban la información equivalente a un día de trabajo. Los registros contenían los valores monitoreados por diferentes sensores de los 6 aerogeneradores, además median la velocidad y dirección del viento y las temperaturas por agregados principales. Estos ficheros se crean de forma automática cada 10 minutos generando un considerable volumen de información compleja de analizar al buscar tendencias de comportamiento de los parámetros de funcionamiento. Los datos se encontraban repetidos en diferentes hojas de cálculo por lo que el proceso de limpieza de datos para su estudio por los operadores del parque se tornaba complejo y era prácticamente imposible realizar análisis predictivos.

Se detectaron además libros Excel con hojas y filas en blanco demostrando pérdida de información de los parámetros de funcionamiento de los (WT). La información en los libros no se encontraba relacionada por lo que era imposible obtener informes consolidados luego de realizar filtros de búsqueda en las hojas de cálculo.

En esta investigación se describen los materiales y métodos utilizados para desarrollar una herramienta informática que permita una mejor gestión de la información de los datos de salida de los sistemas **SCADA**.

Dentro de los materiales que dispuso la investigación se encuentran los registros en formato (.xls), similar al reflejado en la Tabla 1.

| Fecha y Hora | Generación (kW) | Temp. 1 (°C) | Temp. 2 (°C) | Temp. 3 (°C) | Temp. 5 (°C) | Temp. 6 (°C) | Temp. 7 (°C) | Velocidad del viento (m/s) |
|-------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|
| 6/03/2018 7:10 | 56 | 49 | 41 | 63 | 52 | 54 | 22 | 5 |
| 6/03/2018 7:00 | 241 | 48 | 40 | 63 | 52 | 54 | 22 | 8 |
| 6/03/2018 6:50 | 76 | 48 | 40 | 61 | 52 | 54 | 22 | 5 |
| 6/03/2018 6:40 | 71 | 48 | 40 | 61 | 52 | 54 | 22 | 5 |
| 6/03/2018 6:30 | 120 | 47 | 40 | 60 | 52 | 54 | 22 | 6 |
| 6/03/2018 6:20 | 185 | 47 | 39 | 58 | 51 | 52 | 22 | 7 |
| 6/03/2018 6:10 | 96 | 47 | 39 | 56 | 50 | 51 | 22 | 6 |

Tabla 1. Formato de Ficheros Excel con los datos de los sistemas SCADA.

Para poder agrupar los datos de salida de los sistemas **SCADA** que controlan las WT del PE, se realizó el diseño de la estructura de una BDR utilizando el gestor de Bases de Datos PostgreSQL que permita agrupar y relacionar los registros. Se desarrolló con lenguaje de programación Python un módulo de importación de los datos que facilita la



CONFERENCIA DE INFORMÁTICA, MATEMÁTICA Y CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

Universidad de Holguín, 2020

carga a la base diseñada de los nuevos registros generados. El Framework empleado para la tarea fue OpenObject. Se incorporó además una interfaz gráfica que permite realizar búsquedas y filtrado de los datos cargados para su estudio.

2.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La base de datos quedó normalizada con la creación de las tablas que permiten soportar el modelo de datos del PE, lo cual permite almacenar nuevos datos de monitoreo en parámetros de funcionamiento, según se puede apreciar en la siguiente **Figura 2.**

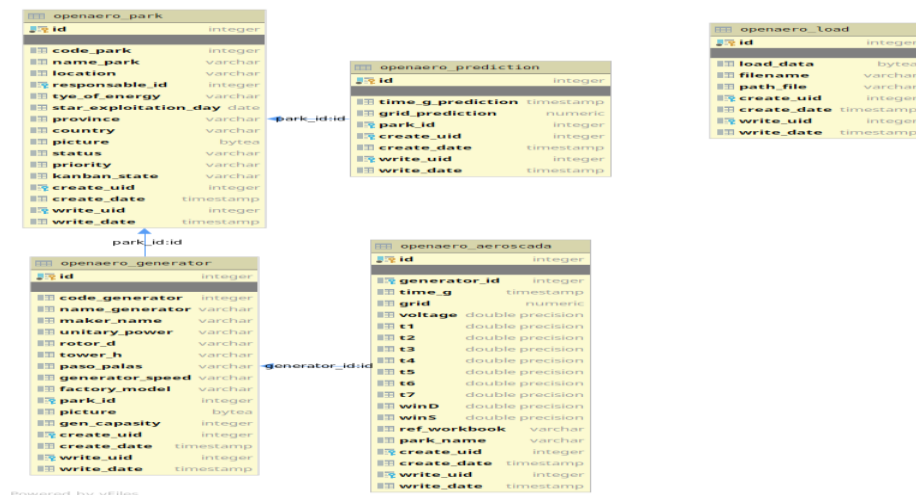


Figura 2. Muestra de la base de datos diseñada.

La BDR posibilita actualizar la información técnica de las WT y demás datos generales referentes al SCADA. Además al estar toda la información relacionada posibilita a investigadores aplicar técnicas de IA. Se diseñó la solución como módulo integrado al ERP Odoó que permite agregar nuevas funcionalidades por las bondades del Framework para el desarrollo ágil de aplicaciones desarrolladas con Python. Se incorporó una interfaz gráfica que permite realizar búsquedas y filtrado de los datos cargados para su estudio. Tras la normalización de los datos se potencian los estudios (IA), dado que ahora sí existe una Big Data que permite realizar minería de datos.



CONFERENCIA DE INFORMÁTICA, MATEMÁTICA Y CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN

Universidad de Holguín, 2020

Luego de creada la base de datos se procedió a la programación de un módulo formado por varias clases en el lenguaje de programación Python que implementan los métodos necesarios para soportar la lógica de la aplicación. Un de las clases integradas en el módulo sería la encargada de carga tanto de ficheros independientes como de ficheros múltiples de Microsoft Excel, realizar tareas de búsqueda de datos repetidos y verificar que no existieran filas ni hojas en blanco. **Figura 3.**

| Generator | Date | Generation (KW) | Voltage | Temp. 1 | Temp. 2 | Temp. 3 | Temp. 4 | Temp. 5 | Temp. 6 | Temp. 7 |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------|
| Gibara-2 (6682) | | 1,994,402.8074 | 2,630,982.00 | 440,317.00 | 352,532.00 | 576,394.00 | 385,293.00 | 405,052.00 | 165,732.00 | 1,25 |
| Generator-7 (1148) | | 390,253.3545 | 451,717.00 | 78,745.00 | 65,217.00 | 105,540.00 | 68,715.00 | 69,187.00 | 28,031.00 | 17 |
| March 2017 (228) | | 79,141.9955 | 89,627.00 | 15,865.00 | 13,060.00 | 21,516.00 | 13,758.00 | 14,030.00 | 5,570.00 | 3 |
| April 2017 (920) | | 311,111.3590 | 382,090.00 | 62,880.00 | 52,157.00 | 84,024.00 | 54,957.00 | 55,157.00 | 22,461.00 | 13 |
| Gibara-2 Generator-7 | 04/01/2017 05:10:00 | -0.0006 | 397.00 | 43.00 | 36.00 | 45.00 | 0.00 | 43.00 | 40.00 | 23.00 |
| Gibara-2 Generator-7 | 04/01/2017 05:00:00 | -0.0003 | 399.00 | 43.00 | 36.00 | 45.00 | 0.00 | 44.00 | 40.00 | 23.00 |
| Gibara-2 Generator-7 | 04/01/2017 04:50:00 | -0.0005 | 399.00 | 43.00 | 36.00 | 46.00 | 0.00 | 44.00 | 40.00 | 23.00 |
| Gibara-2 Generator-7 | 04/01/2017 04:40:00 | -0.0004 | 400.00 | 43.00 | 36.00 | 46.00 | 0.00 | 44.00 | 40.00 | 22.00 |

Figura 3. Captura de pantalla del módulo de importación de datos.

3. CONCLUSIONES

1- Los objetivos propuestos con esta investigación eran normalizar en una BD con los datos correspondientes a las lecturas diarias de los años 2017 y 2018, lo cual se cumplió al crear una BD de 78 000 registros correspondientes a las 12 variables monitoreadas en las WT PE Gibara 2.

2- Se demostró que con el empleo de Python como lenguaje de POO era posible realizar tareas de carga de archivos en formato excel para su posterior procesamiento.



CONFERENCIA DE INFORMÁTICA,
MATEMÁTICA Y
CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN
Universidad de Holguín, 2020

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEE. s. f. «La eólica en el Mundo». Recuperado 14 de marzo de 2020 (<https://www.aeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-en-el-mundo>).
- Chazallet, Sébastien. 2016. *Python 3: Los fundamentos del lenguaje*. Ediciones ENI.
- China, Rosa María Aguilar, Jesús Miguel Torres Jorge, y Carlos Alberto Martín Galán. 2019. «Aprendizaje automático en la identificación de sistemas. Un caso de estudio en la generación de un parque eólico». *Revista iberoamericana de automática e informática industrial (RIAI)* 16(1):114-27.
- Germán Veloz Placencia. s. f. «Nuevos parques eólicos en proceso inversionista». *Granma.cu*. Recuperado 14 de marzo de 2020 (<http://www.granma.cu/cuba/2019-01-15/nuevos-parques-eolicos-en-proceso-inversionista-15-01-2019-21-01-05>).
- Goldwind Science & Technology Co. Ltd., X. (2008). Goldwind S50/750 Wind Turbine Generator System Operation and Maintenance Manual for Cuba Project (50m High 3-section Tower in IEC Wind Class IIA, 60Hz)
- Gonzalez, E., Stephen, B., Infield, D., & Melero, J. J. (2019). Using high-frequency SCADA data for wind turbine performance monitoring: A sensitivity study. *Renewable Energy*, 131, 841-853. doi: 10.1016/j.renene.2018.07.068
- Group, M.-T. A. S. A. S. (Ed.). (2006). *Goldwind 750 kW Project number: P04529*.
- Moreno, C., Leiva, G., & Matos, L. (2016). Estado actual y desarrollo de la energía eólica en Cuba, Ecosolar, revista científica de las Energías Renovables, No 2, Octubre-Diciembre 2002.
- Science&Technology, G. (2007). Goldwind S50/750 Wind Turbine Technical parameters and Product description(60Hz) *seccion de titulo* (Vol. Q/JF 2CP50/750.2-2007). china: LTD Industry Standard.
- Manual de automática de las WT Goldwind 750 kW, “Manual WP 3100” (Group, 2006). “Manuales de diseño, montaje y mantenimiento de las WT en estudio” (Goldwind



**CONFERENCIA DE INFORMÁTICA,
MATEMÁTICA Y
CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN**

Universidad de Holguín, 2020

Science & Technology Co. Ltd., 2008; Science&Technology, 2007).

5. SOBRE LOS AUTORES

Lester Chacón es Sub Director en la Empresa de Aplicaciones Informáticas Desoft, dirige el equipo de investigación y desarrollo de la División Holguín.

Gilberto Parra es especialista en redes informáticas en la Consultaría Económica Canec, ha realizado estudios de postgrado en inteligencia artificial aplicada.

Yorley Arbella es estudiante de doctorado e investigador de la Universidad de Holguín, máster en Mantenimiento y Re acondicionamiento de Maquinas , ha participado en numerosos proyectos de investigación.