

Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo de Recursos Energéticos Primarios en el campus “Gral. Guillermo Rodríguez Lara” de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Design and Implementation of a Monitoring System of Primary Energy Resources in the “General Guillermo Rodriguez Lara” Campus of the University of the Armed Forces - ESPE

Sixto F. Aimacaña Quishpe¹

Wilson R. Sango Viracocha¹

RESUMEN

En un escenario de cambio climático y contaminación, la mayoría de países del mundo han venido tomando un rol protagónico dentro de su escenario energético, al aprovechar sus ingentes recursos de energía renovable primaria (hidráulica, solar, eólica) como alternativa local, limpia, sustentable y de largo plazo que no puede ser menospreciada. La utilización adecuada de éstas energías dentro del país y del mundo hace posible la implementación de sistemas de monitoreo, estos sistemas son necesarios implementarlos en lugares donde se requiera realizar un estudio o análisis de la cantidad, disponibilidad y comportamiento del recurso energético primario. Tomando como base los sistemas de monitoreo energético implementados en Universidades del extranjero, se ha visto la necesidad de implementar un Sistema de Monitoreo de Recursos Energéticos Primarios en el campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, realizando un estudio práctico de monitorización de los recursos energéticos y de variables ambientales mediante la utilización de equipos sofisticados acorde al avance tecnológico, este sistema permitirá a cualquier persona mediante una plataforma virtual amigable para el usuario, monitorear y obtener datos de estos recursos en el campus, así como la visualización de la energía del día anterior que se generaría por la disponibilidad del recurso, siendo a la vez un instrumento de evaluación de parámetros para proyectos futuros, con los cuales la información obtenida al ser monitoreada, analizada y gestionada se podrá analizar la factibilidad de implementar proyectos relacionados a energías renovables, contribuyendo así al desarrollo energético del país.

Palabras clave: Recursos Energéticos Primarios, Monitoreo de Recursos, Variables Ambientales, Disponibilidad de Energía, Desarrollo Energético.

ABSTRACT

In a scenario of climate change and pollution, most countries in the world have been taking a leading role in its energy landscape, by leveraging its huge primary renewable energy resources (hydro, solar, wind) and local alternative, clean, sustainable and long-term can not be underestimated. Proper use of these energies in the country and the world makes it possible to implement monitoring systems, these systems are required to implement in places where it is required to conduct a study or analysis of the quantity, availability and performance of the primary energy resource. Based on energy monitoring systems implemented in universities abroad, it has been the need to implement a monitoring system of primary energy resources in the General Guillermo Rodríguez Lara campus of the University of the Armed Forces -. ESPE, conducting a study practical monitoring of energy resources and environmental variables using according to technological progress sophisticated equipment, this system will allow anyone with a friendly virtual platform for the user, monitor and collect data on these resources on campus and Power display the previous day that would be generated by the availability of the resource, being both an instrument of evaluation parameters for

¹ Departamento de Eléctrica y Electrónica. Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Latacunga, Ecuador. E-mail: sixtofidelaimacanaquishpe@gmail.com; wilyaselectro@gmail.com

future projects, with which the information obtained to be monitored, analyzed and managed can analyze the feasibility of implement projects related to renewable energy, thus contributing to energy development.

Keywords: Primary Energy Resources, Resource Monitoring, Environmental Variables, Availability of Energy, Energy Development.

INTRODUCCIÓN

El consumo mundial de energía está aumentando dramáticamente debido a nuestra búsqueda de mejores niveles de vida y una creciente población mundial. La mayor parte de nuestra energía proviene de fósiles combustibles, y la quema de estos combustibles provoca el calentamiento global. El calentamiento global aumenta el nivel del mar, trae la sequía a regiones tropicales del país, aumenta la probabilidad de huracanes e inundaciones, y se propaga la enfermedad [1].

Ecuador, como otros países del mundo, en un escenario de cambio climático y contaminación, debido a desarrollos tecnológicos, económicos, políticos, sociales y al ser un país andino de condiciones geográficas únicas altamente dinámico; ha considerado en los últimos años tomar un rol protagónico dentro del escenario energético de América Latina, al aprovechar sus ingentes recursos de energía renovable primaria (hidráulica, solar, eólica) como alternativa local, limpia, sustentable y de largo plazo que no puede ser menospreciada, promoviendo el desarrollo de las energías renovables no convencionales (ERNC) y propiciando así el cambio de la matriz energética en el país, que de un escenario del 63% de penetración renovable en el año 2012, se pretende llegar al 94% en el 2016 [2] [3].



Figura 1. Mundo Verde de Energías Renovables.

En la Figura 1 se observa, un mundo verde libre de contaminación y lleno de energía pura y limpia que se pretende tener a futuro con el desarrollo sustentable de energías renovables [4].

Sin embargo, este cambio radical requiere de información, estudios o análisis de la cantidad, disponibilidad y comportamiento diario de los recursos en un determinado lugar, ya que la utilización adecuada de los diferentes tipos de energía dentro del mundo actual hace posible la implementación de sistemas de monitoreo energético donde se informe y se muestre en tiempo, hora y fecha la disponibilidad del recurso. Estas acciones deben estar acompañadas en muchos casos de inversiones en tecnología, gestión de procesos y modificación de hábitos conductuales de los consumidores [5]. Los sistemas de monitoreo en la actualidad poseen la ventaja de ser visualizados mediante servidores web, ya que con la tecnología disponible permite a las personas, empresas e interesados monitorear la energía fácilmente acorde a la tecnología existente, pues todas las personas pueden acceder a internet desde cualquier lugar del mundo, e interpretar los datos de Radiación Solar y Velocidad del Viento como Recursos Energéticos, y cómo estos recursos se ven afectados por la temperatura ambiente, la

humedad relativa y la precipitación en un día de generación, realizando métodos de cálculo y estudios para fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías en el país.

Mediante este diseño se analiza un estimado de energía eléctrica disponible en watts [W] por el recurso solar y eólico, ya que con el desarrollo de más fuentes de energía se podrá evaluar bajo estudios realizados por las personas, la salida de las plantas de generación eléctrica que contamina el ambiente ya que "El calentamiento global es un problema solucionable por el esfuerzo unido de la humanidad" [6], de la misma manera al disponer de un porcentaje más elevado de energía se podrá brindar de electricidad a los sectores vulnerables que según "EL Banco Mundial, uno de los más importantes defensores de los proyectos de electrificación rural, estima que aproximadamente 1,2 millones de personas no tienen acceso regular a la electricidad" [7].

MARCO CONCEPTUAL.

Descripción del Sistema de Monitoreo de Recursos Energéticos Primarios.

El termino sustentabilidad nunca fue tan usado como en la actualidad, el aprovechamiento de los recursos naturales de manera correcta es el más importante paso para revertir este cuadro, más aun si se dispone de datos monitoreados vía página web [5]. Para conseguir, visualizar y analizar estos datos la Universidad de la Fuerzas Armadas – Espe, cuenta con un sistema de monitoreo de recursos energéticos primarios en el campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara, cuyo objetivo es monitorear mediante medidores las variables ambientales temperatura, humedad y precipitación, así como los recursos primarios sol y viento disponibles en la zona, cada minuto durante las 24 horas del día, permitiendo un análisis bajo cálculos en base a estudios de la interpretación de la cantidad de energía que se generaría en un día anterior, estos datos se encuentran visualizados en la página web de la institución en una interfaz amigable para el usuario. El monitoreo de estas variables se lo realiza independiente en el cuarto de control mediante un software de monitoreo y de ejecución sofisticados acordes al avance

tecnológico, a esta sala de control únicamente tienen acceso el personal técnico y personal autorizado para el soporte y mantenimiento de los equipos. La información disponible en la página web de la Universidad es muy valiosa, ya que el mundo se encuentra en la época de la toma de conciencia personal acerca del uso responsable de los recursos energéticos, contribuyendo así a la reducción de las emisiones de CO2 al medio ambiente.

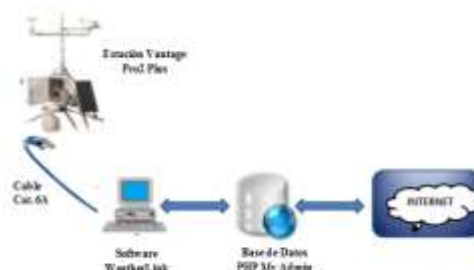


Figura 2. Diagrama de Monitoreo de Energías Primarias.

En la Figura 2 se observa un diagrama del sistema de monitoreo actualmente implementado en el campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara.

METODOLOGÍA.

Basado en sistemas de monitoreo energético implementados en Universidades del Extranjero y en el sistema de monitoreo de consumo de luz y agua realizado en el campus Gral. Rodríguez Lara, como aporte para el desarrollo de nuevas tecnologías de información acerca del consumo diario de luz y agua enfocados a la concientización del uso racional y gestión de los recursos energéticos que se consumen en el campus, siendo esto un aporte hacia la innovación en sistemas de monitoreo energético en el Ecuador [8] [9].



Figura 3. Current Weather Conditions.

En la Figura 3 se observa la plataforma web del tiempo actual en la Universidad de Washington, como aporte al desarrollo de sistemas de monitoreo.



Figura 4. Sistema de Monitoreo Energético Campus Rodríguez Lara.

En la Figura 4 se observa la página web del Sistema de Monitoreo Energético en el campus Rodríguez Lara.

Tomando como base el sistema de monitoreo de la Universidad de Chicago, se extiende el código de programación existente del Sistema de Monitoreo Energético localizado en la página web de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y además, como la Universidad cuenta con una Estación Meteorológica Vantage Pro Plus2 de la firma Davis Instruments cuya función es la de medir en tiempo real las variables ambientales como temperatura, humedad, precipitación y recursos primarios radiación solar y viento; es de esta estación, conjuntamente con la consola de visualización y datalogger para el almacenamiento y registro de los datos, de donde se recibe la información del tiempo actual y recursos primarios monitoreados; por medio del cual se presenta la propuesta del sistema de monitoreo de recursos energéticos primarios en el campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara [10].

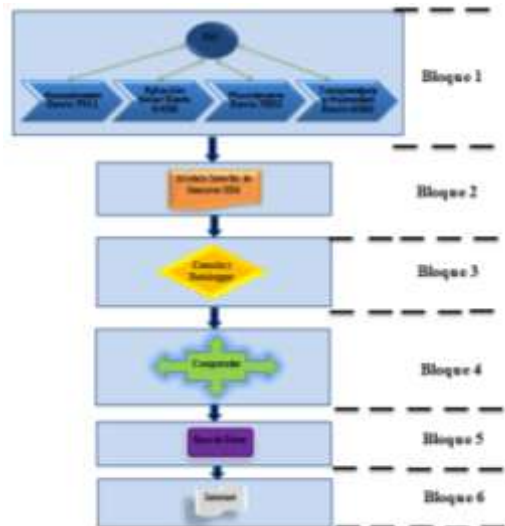


Figura 5. Partes del Sistema de Monitoreo de Recursos Energéticos Primarios.

En la figura 5 se observa las partes principales que se encuentran dentro del sistema de monitoreo, cada bloque realiza las siguientes funciones:

Bloque 1.- Conjunto Integrado de Sensores: Se emplean los sensores de temperatura del aire, humedad relativa, pluviómetro, medidor de radiación solar, monitor de velocidad y dirección del viento, para obtener mediciones de cada variable física medida.

Bloque 2.- Módulo Interfaz de Sensores: Permite la conexión de todos los sensores y la salida de la información receptada por todos los sensores hacia la consola por medio de un solo cable AWG # 26, con conector modular RJ - 11.

Bloque 3.- Consola y Datalogger: Visualizador y Registrador de datos Davis Instruments, almacena la información que proporcionan los sensores.

Bloque 4.- Computador: Es donde se implementa la Interface Hombre-Máquina (HMI), con la ayuda de la plataforma WeatherLink de Davis Instruments.

Bloque 5.- Base de Datos: Se crea una base de datos en PhpMyAdmin, migrados desde WeatherLink por medio de una programación en

NetBeans IDE, con todas las mediciones recolectadas por el Datalogger de los distintos sensores para su posterior gestión.

Bloque 6.- Internet: Con la ayuda de la base de datos se publican los datos de los recursos energéticos primarios en la página web de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Sistema de Monitoreo WeatherLink.

En diseños de sistemas de monitoreo existen varios programas o softwares para realizar tal función, como por ejemplo el más utilizado y reconocido a nivel mundial LabVIEW [11], para el monitoreo de la estación meteorológica, Davis Instruments cuenta con su propio software de monitoreo WeatherLink [12].

El sistema de monitoreo WeatherLink se compone del Datalogger para el almacenamiento y descarga de datos meteorológicos es un potente software de monitorización de estos datos. Permite almacenar toda la información registrada por la estación en una base de datos permanente, visualizarla en tiempo real en un ordenador elaborando gráficos e informes detallados.

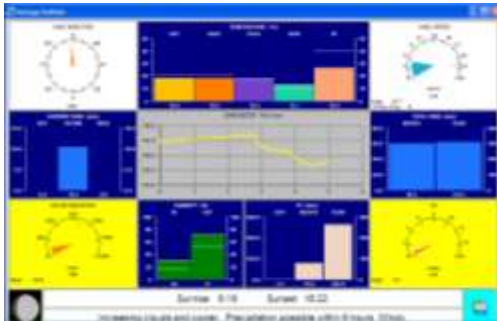


Figura 6. Monitoreo en WeatherLink.

En la Figura 6 se observa la pantalla de visualización principal en tiempo real de la estación meteorológica Vantage Pro2.

Migración de Datos al Administrador de Base de Datos PhpMyAdmin.

Para el almacenamiento de la información de los datos de las variable meteorológicas es indispensable diseñar una base de datos, en la

cual se pueda tener almacenada la información de fecha, hora, temperatura, humedad, radiación solar, precipitación, velocidad y dirección del viento, para lo cual se diseña un algoritmo de programación en Java NetBeans IDE que me permite la migración de los datos de dichas variables. En NetBeans IDE se realiza una jerarquía de conexión y migración entre la base datos de WeatherLink y la base de datos PhpMyAdmin.

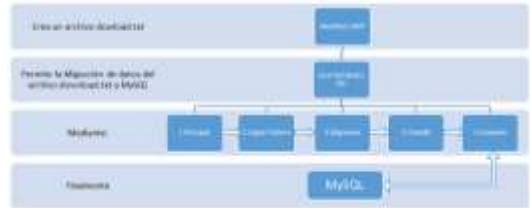


Figura 7. Jerarquía de Comunicación entre WeatherLink y la Base de Datos PhpMyAdmin.

En la Figura 7 se observa la jerarquía típica de conexión entre los programas mencionados.

Para la conexión y migración de los valores almacenados, el software WeatherLink genera un archivo de descarga con todos los datos de las variables meteorológicas en formato .txt con el nombre dowload.txt, en NetBeans se diseña la jerarquía de programación siguiente:

Principal.- Ejecuta todas las funciones de cada *clase* en secuencia para realizar la captación de datos desde el archivo y enviarlos a MySQL.

Copiar Fichero.- La clase copiar fichero realiza la función de copiado de los datos que se localizan en el archivo original download.txt proporcionado por el programa WeatherLink mediante la utilización de arreglos de bytes hacia una nueva ubicación en una carpeta diferente.

Migración.- La clase llamada "migracion.java" realiza la función de enviar los datos obtenidos del archivo "download.txt" en la nueva ubicación.

Clasebd.- Realiza la función transaccional con MySQL, es decir el ingreso y consulta de la tabla "tabla_monitoreo", esto se puede evidenciar mediante la aplicación PhpMyAdmin.

Conexión.- Establece la conexión entre el programa ejecutado en Java hacia la base de datos “monitoreodb” creada en MySQL por medio de una librería propia del programa.

Base de Datos MySql.

La base de datos para el almacenamiento de la información de las variables ambientales y recursos energéticos primarios en el nuevo campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, se diseña en el administrador de base de datos PhpMyAdmin ya que permite administrar bases de datos MySQL, a la vez ser programadas y utilizadas mediante el lenguaje de programación PHP, lo cual facilita la programación de la página web [13].

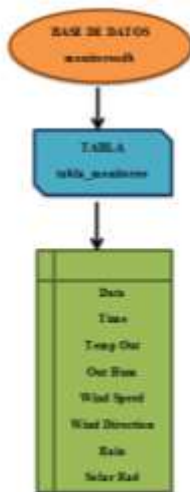


Figura 8. Estructura de la Base de Datos MySQL.

En la Figura 8 se observa un diagrama que indica la base de datos diseñada, en dicho diagrama consta la estructura principal de la base de datos, al igual que la tabla que conforma la Base de Datos MySQL de nombre “tabla_monitoreo”.

Sistema de Monitoreo de Recursos Energéticos Primarios.

Debido al desarrollo e innovación en sistemas de monitoreo energético mediante internet, que ofrecen distintas empresas en países desarrollados energéticamente y siendo un modelo a seguir [5].

El sistema de monitoreo web diseñado queda estructurado de la siguiente manera:

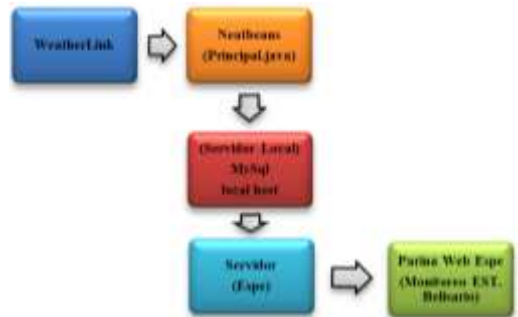


Figura 9. Estructura del Sistema de Monitoreo Mediante la Web.

En la Figura 9 se observa cómo queda estructurado el sistema de monitoreo de recursos energéticos primarios por los elementos involucrados y descritos en párrafos anteriores.

Página Principal del Sistema de Monitoreo de Recursos Energéticos Primarios Vía Página Web.

Para el monitoreo de las variables ambientales y recursos energéticos primarios presentes en el campus, se diseñó una página web programada mediante el lenguaje de programación PHP. Éste sistema de monitoreo se basó en el sistema desarrollado en [8].

La página principal muestra ocho submenús de las cuales las seis más importantes vinculan la información de radiación solar, velocidad de viento, temperatura ambiente, humedad relativa, precipitación y el menú que nos brinda la opción para la descarga de la base de datos de cada variable de una fecha en especial según requerimientos del usuario.



Figura 10. Página Web Principal del Sistema de Monitoreo de Recursos Energéticos Primarios.

En la figura 10 se observa la página principal del sistema de monitoreo que se desplegará al acceder mediante a la dirección web [14].

Sistema de Monitoreo de Radiación Solar en W/m2, mediante la Web.

Ésta página es un submenú de la página principal, se accede a la página pulsando *Radiación Solar*. La interfaz posee la opción de seleccionar un intervalo de tiempo al cual se realiza la consulta a la base de datos, estos datos son graficados según el intervalo de tiempo seleccionado, además en la parte superior muestra la cantidad de radiación solar global que existe en ese instante y la energía generada en el día anterior y su equivalente en el número de focos que se podría mantener encendido con esa energía.



Figura 11. Página Web del Sistema de Monitoreo de Radiación Solar en W/m2.

En la figura 11 se observa la página diseñada para el monitoreo de radiación solar.

Sistema de Monitoreo de Velocidad del Viento en Km/h, mediante la Web.

De la misma manera se accede a esta página que es un submenú de la página principal pulsando *Viento*. Su interfaz es amigable y posee la opción de seleccionar un intervalo de tiempo al cual se realiza la consulta a la base de datos, estos datos son graficados según el intervalo de tiempo seleccionado, además en la parte superior muestra el valor de velocidad que existe en ese instante y en qué dirección se encuentra; y la energía generada en el día anterior y su equivalente en el número de focos que se podría mantener encendido con esa energía.



Figura 12. Página Web del Sistema de Monitoreo de Velocidad y Dirección del Viento en Km/h.

En la figura 12 se observa la página diseñada para el monitoreo de velocidad y dirección del viento.

Sistema de Monitoreo de Temperatura [°C], Humedad [%] y Precipitación [mm], mediante la Web.

Estas interfaces al igual que las antes mencionadas muestran por separado la página web diseñada para el despliegue de la información de temperatura ambiente, humedad relativa y precipitación, presentes en el campus. Éstas páginas son submenús de la página principal, cada una de ellas también poseen la opción de seleccionar un intervalo de tiempo el cual realiza la consulta de los datos, éstos datos

son graficados según el intervalo de tiempo seleccionado.



Figura 13. Página Web del Sistema de Monitoreo de Temperatura en °C.



Figura 14. Página Web del Sistema de Monitoreo de Humedad en %.



Figura 15. Página Web del Sistema de Monitoreo de Precipitación.

En las Figuras 13,14 y 15 se observan las páginas diseñadas cada una para monitorear variables diferentes como la Temperatura, Humedad y Precipitación.

Descarga de la Base de Datos, mediante la Web.

Esta interfaz web posee la ventaja de poder descargar las bases de datos desde una fecha de inicio hasta una fecha de finalización, esta información es descargada mediante la realización de una consulta a la base de datos, el formato del archivo descargado es .xls con lo cual cualquier persona que disponga del paquete Microsoft Excel podrá acceder a esta información de históricos de los datos de las variables ambientales de temperatura [°C], humedad [%] y precipitación [mm], respectivamente, así como de los recursos primarios radiación solar [W/m²] y la velocidad y dirección del viento en [Km/h].



Figura 16. Página Web Para la Descarga de la Base de Datos

En la figura 16 se observa la página diseñada para descargar la información de datos históricos del sistema de monitoreo de recursos energéticos primarios mediante servicios web.

CASO DE ESTUDIO

Energía Disponible Por Radiación Solar.

Para el análisis de la cantidad de radiación solar diaria se utiliza el método de Simpson $\frac{3}{8}$, para calcular la radiación total en el transcurso del día.

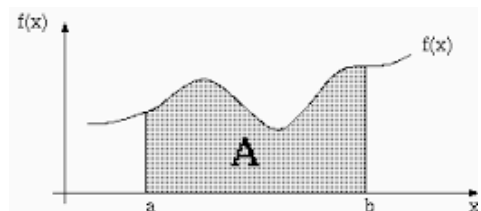


Figura 17. Área Bajo la Curva Por Simpson 3/8.

En la Figura 17 se observa el área bajo una curva, para el análisis se calcula el área total de la curva de radiación solar generada durante todo un día, aplicando el método numérico Simpson 3/8.

Fórmula General para el cálculo del Área por el Método de Simpson 3/8 ec. (1).

$$\int_a^b f(x)dx = \int_a^b \frac{3h}{8} \left[f(x_0) + 3 \sum_{i=1}^{n-2} f(x_i) + 3 \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) + f(x_n) \right] \quad (1)$$

Fórmula para el cálculo del subintervalo por el método de Simpson 3/8 ec. (2).

$$h = \frac{b - a}{n} \quad (2)$$

Dónde:

h: Longitud del subintervalo

a: Es el límite inicial

b: Es el límite final

n: Número de divisiones de la misma longitud que va a existir entre el límite inicial y final.

Cálculos.

Para el estudio de la cantidad de radiación solar disponible durante el día, se realiza solo un ejemplo de los 10 primeros minutos en este caso del día 07/05/15 de 06:18 a 06:28, aplicando Simpson 3/8.

Tabla 1. Datos de Radiación Dólar 07/05/2015.

Sub-intervlo	Fecha	Hora	Radiación Solar [W/m ²]
0	07/05/2015	6:18	5
1	07/05/2015	6:19	5
2	07/05/2015	6:20	5
3	07/05/2015	6:21	6
4	07/05/2015	6:22	7
5	07/05/2015	6:23	9
6	07/05/2015	6:24	9
7	07/05/2015	6:25	9
8	07/05/2015	6:26	9
9	07/05/2015	6:27	11
10	07/05/2015	6:28	12

Se parte calculando el subintervalo que se va a tener en intervalo de la gráfica.

Datos:

a=10 min

b=0 min

h=10

$$h = \frac{10 - 0}{10} = 1 \text{ min}$$

En la Tabla 1 muestra el subintervalo para los 10 primeros minutos de radiación solar.

En este caso para los 10 primeros datos de radiación solar mostrados en la tabla 1, y aplicando el método se tiene:

$$\begin{aligned} \int_0^{10} f(x) dx &= \frac{3(1)}{8} [5 + 3(5 + 5 + 7 + 9 + 9 + 9) + 2(6 + 9 + 11) + 12] \\ &= \frac{3}{8} (5 + 132 + 52 + 12) \\ &= \frac{3}{8} (201) = 75,375 [(W/m^2)/min] \end{aligned}$$

El resultado obtenido equivale a la energía mecánica de los 10 primeros datos de radiación solar obtenidos durante los 10 primeros minutos del día.

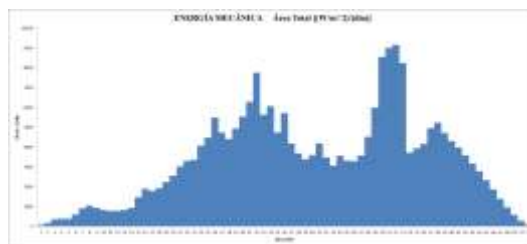


Figura 18. Energía Mecánica Bajo la Curva del día 07/05/2015.

En la Figura 18 se observa la energía mecánica total en (W/m²)/min bajo la curva de radiación solar de todo un día calculado con el método de Simpson utilizando interacciones cada 10 minutos, cuyo resultado nos da el siguiente valor:

$$\text{Energía Mecánica} = 237303,375 [(W/m^2)/min]$$

Energía Disponible Por Velocidad de Viento.

Para realizar una interpretación basada en la cantidad de energía disponible por velocidad de viento, se consigue utilizando la Ecuación de la Energía Mecánica de un Aerogenerador ec. 4 [15], para dicha interpretación, se va a trabajar con el aerogenerador de eje horizontal ZONHAN de 750 W, que son los más costo-eficientes del mercado local, dicho aerogenerador tiene las siguientes características [16]:

Tabla 2. Aerogenerador Zonhan ZH750.

Características del Aerogenerador	
Tipo	
Aerogenerador	ZONHAN ZH750
Especificaciones	
Diámetro del Rotor [m]	2,7
Potencia Nominal / Máxima Potencia [W]	750/900
Velocidad Nominal de Viento [m/s]	9
Velocidad de Viento Para Arranque [m/s]	2,5
Velocidad de Viento Para Trabajo [m/s]	3 – 25
Velocidad Máxima de Viento [m/s]	50
Rotación [rpm]	450
Voltaje de Trabajo [VCD]	DC 12/24V (Mayor Voltaje Opcional)
Tipo de Generador	Trifásica, de Imán Permanente

Cálculos.

Según estudios del Atlas Eólico del Ecuador [17][18], por la cual se llegó a considerar que la velocidad media anual del viento en el Ecuador a una altura de 30 m fluctúa de 5,5 hasta 6 m/s, valores que se considera para la selección del aerogenerador, con los cuales se realizan los

cálculos necesarios a partir de la Ecuación de la Energía Mecánica de un Aerogenerador.

$$E_{MG} = \left[\frac{Cp * A * \rho * v^3}{2} \right] \quad (4)$$

Como se sabe que la máxima potencia que se puede extraer en teoría de una corriente de aire, nunca puede sobrepasar el 59,25% de la potencia del viento incidente, denominado límite de Betz [15] y para una densidad de aire según norma ISO 6358 se tiene que la densidad de aire es de 1,185Kg/m3, datos necesarios para calcular la energía mecánica del generador [19].

La superficie que atraviesa el viento por el generador, viene hacer el área de la turbina ec. (5):

$$A = \pi * r^2 \quad (5)$$

Como se sabe que el diámetro del rotor del generador (Tabla 2) es de 2,7 m se tiene:

$$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 \approx D = 2,7m \approx A = 5,73$$

Tabla 3. Datos Para Calcular la Energía Mecánica del Generador.

Datos Para el Cálculo de la Energía Mecánica del Aerogenerador [EMG].	
Diámetro del Rotor (D)[m]	2,7
Área del Rotor (A)[m2]	5,73
Coefficiente de Potencia Betz (Cp)	0,593
Densidad del Aire (ρ)[Kg/m3]	1,185

La Tabla 3 muestra los datos necesarios para calcular la energía mecánica del generador, conociendo la velocidad del viento en m/s.

Reemplazando los valores de la tabla 3 en la ecuación 4 y conociendo la velocidad del viento en m/s, se realiza un ejemplo de cálculo de los 10 primeros datos obtenidos durante los 10 primeros minutos del día 07/05/2015, cuyos resultados vienen hacer la energía mecánica del aerogenerador en W/min, dichos valores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Energía Mecánica del Generador en W/min.

Fecha	Hora	Viento [m/s]	Energía Mecánica [EMG]
07/05/2015	0:00	0	0,00
07/05/2015	0:01	0	0,00
07/05/2015	0:02	0	0,00
07/05/2015	0:03	0,9	1,47
07/05/2015	0:04	1,3	4,42
07/05/2015	0:05	1,3	4,42
07/05/2015	0:06	1,3	4,42
07/05/2015	0:07	0,9	1,47
07/05/2015	0:08	0,9	1,47
07/05/2015	0:09	0,9	1,47
07/05/2015	0:10	0,9	1,47

Para el cálculo total de la energía mecánica producida por el aerogenerador en el lapso de un día, se realiza un filtro de todos los valores con las condiciones de curva y tabla de operación del aerogenerador.

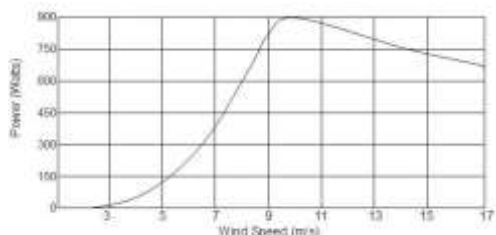


Figura 19. Curva del Aerogenerador Zonhan [16].

Tabla 5. Datos de Operación del Aerogenerador [16].

Operación del Aerogenerador	
Velocidad de Arranque	2,5 ms
Velocidad de Potencia Nominal	9 m/s
Velocidad de Trabajo	3 - 13 m/s
Velocidad de Parada	25 ms

Para realizar el filtrado de datos se suman todos los valores de la Energía Mecánica (EMG) generada durante las 24 horas del día, cuya velocidad de viento sean mayores o igual a 3 m/s

y menores a 13 m/s, dando como resultado el total de energía generada durante el día.

$$\text{Energía Mecánica} = 269861,97 \text{ [W/día]}$$

RESULTADOS.

Energía Solar AC.

Para la interpretación de datos, se quiere saber cuántos focos ahorradores de 20W se podría mantener encendidos en un día de generación de energía si se instalase en la terraza del bloque A del nuevo campus paneles solares y el tipo de aerogenerador mostrado en la tabla 2, para lo cual se toma datos de todo un día, en este caso del día 07/05/2015.

Para conocer la Energía Eléctrica por Radiación Solar se supone una eficiencia del panel en un 15% y un 95% en eficiencia del convertor de energía con un 1 metro cuadrado cubierto de panel solar:

$$W/día = \text{Energía Mecánica} \times \text{Eficiencia del Panel} \times \text{Eficiencia del Convertor} \times \text{Área}$$

$$W/día = 237303,375 \times 0,15 \times 0,95 \times 1$$

$$W/día = 33825,73$$

$$W/h = 33825,73/24 = 1408,99$$

$$\text{Energía Eléctrica AC} = 1408,99 \text{ W/h}$$

Para el cálculo de la cantidad de focos ahorradores se realiza:

$$\#focos = \frac{1408,99 \text{ W/h}}{20 \text{ W}} = 70 \text{ Focos}$$

Análisis: Con la energía calculada en el lapso de un día se puede mantener encendido 70 focos durante una hora, esta cantidad de energía y de focos varía según la cantidad de Radiación Solar durante el día, en el punto de implementación de la estación. Para futuros proyectos de generación de energía eléctrica por medio de este recurso energético, se debería realizar estudios de la cantidad de Radiación Solar presentada durante un año.

Energía Eólica AC.

Los generadores actuales tiene eficiencias sobre el 90%, sin embargo, puesto que en este caso se trata de un generador de bajo costo, sin todas las mejoras que pueden ayudar a lograr dichas eficiencias, se considera una eficiencia un poco menor de 85% y suponiendo una eficiencia del convertidor de 95% y utilizando el dato total de la energía mecánica del aerogenerador se obtiene lo energía eléctrica en AC, ec. (6):

$$E_{EG} = [E_{MG} * \eta_G * \eta_c] \quad (6)$$

$$E_{EG}/\text{día} = 269861,97 \times 0,85 \times 0,95 \times 1$$

$$E_{EG}/\text{día} = 217622,31$$

$$E_{EG}/h = 217622,31/24 = 9067,60$$

$$\text{Energía Eléctrica AC} = 9067,60 \text{ W/h}$$

Para calcular la cantidad de focos que se podría mantener encendido con la energía generada durante un día en una hora se tiene, ec. (7):

$$\# \text{ de Focos} = \frac{E_{EG}}{1\text{Foco}} \left[\frac{W/h}{W/h} \right] \quad (7)$$

$$\# \text{ de Focos} = 9067,60 / 20 = 453,38 \text{ Focos.}$$

Análisis: Con la energía calculada en el lapso de un día se puede mantener encendido 453 focos durante una hora, esta cantidad de energía y de focos varía según la cantidad de velocidad disponible de viento durante el día, en el punto de implementación de la estación. Para futuros proyectos de generación de energía eléctrica por medio de este recurso energético, se debería realizar estudios de la cantidad de viento presentada durante un año.

CONCLUSIONES

Se configuró en el software WeatherLink, la Estación Meteorológica ESPE – Belisario Quevedo, la interfaz HMI es amigable para el usuario y el personal técnico autorizado que podrá acceder al control y monitoreo de la estación.

Debido a que MySQL es un administrador de base de datos, se realizó un programa de ejecución en NetBeans, el cual envía los datos

almacenados por el Datalogger hacia una nueva base de datos en MySQL, siendo esta base capaz de descargarse como libre información ante toda la comunidad universitaria e interesados.

La implementación de una Web amigable, es un aporte hacia la innovación en sistemas de recursos energéticos primarios disponibles en el Ecuador, fomentando el desarrollo de nuevas alternativas de información meteorológica vía internet, que servirá para que toda la comunidad universitaria y afines tengan acceso a la información.

La implementación de un sistema de respaldo UPS y AVR fue necesario para que no exista pérdida de la información de la lectura de datos de los sensores brindando más fiabilidad a que la estación siga funcionando de manera indefinida y protegida contra picos de voltaje ocasionados por el corte de energía.

En lo posterior para proyectos similares se podrá realizar análisis de los patrones de comportamiento de cada una o de manera grupal de las variables que sean indispensables para los análisis de casos de estudio que se requieran para futuras investigaciones, donde se involucren recursos: eólico, solar, etc., así como conocer el periodo de lluvia, comportamiento del ambiente para cultivar, pronosticar el clima, etc. que a la vez pueden ser acoplados al sistema de monitoreo desarrollado.

Por medio del sistema de monitoreo implementado se puede saber la cantidad de energía que se generaría durante un día, por los recursos energéticos primarios existentes en la zona como el sol y el viento, mostrando en la página web la cantidad de focos que se podría encender con dicha energía.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y al Departamento de Eléctrica y Electrónica, en especial al Campus Universitario Gral. Guillermo Rodríguez Lara por las facilidades brindadas en el uso de sus instalaciones y cuartos de control.

REFERENCIAS.

- [1] Ahmed. F. Zobaa and Bimal. K. Bose. “Renewable Energy, Global Warming Problem and Impact of Power Electronics”. International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'11). Las Palmas de Gran Canaria (Spain), 13th to 15th April, 2011.
- [2] Ministerio de Electricidad y Energías Renovables. “Desarrollo de Estudios Para Aprovechamientos del Recurso Renovable”. 2012.
- [3] Paula Campus C. “Diario Uchile: Investigadores Destacan Por Publicación Sobre Energías Renovables”. Ciencias y Educación. Abril 2014.
- [4] “El Mundo Sustentable de las Energías Renovable”, pp. 3 – 4. Septiembre 2011. Fecha de Consulta. 28 de Mayo de 2015. URL: http://www.findernet.com/sites/all/files/user_70/ar_wp_energias_renovables.pdf
- [5] D. Ortiz Villalba y O. Rodríguez Chacón. “Diseño e Implementación de Un Sistema de Monitoreo Energético en el Campus Rodríguez Lara – Espe Extensión Latacunga”, pp. 1 – 6. Junio 2014. URL: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8449>. Fecha de Consulta: 22 de Mayo de 2015.
- [6] B. K. Bose, “Global warming: energy, environmental pollution, and the impact of power electronics,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol.4, no.1, 2010, pp. 6- 17.
- [7] G. Jiménez Estévez, R. Palma Behnke, D. Ortiz Villalba, O. Nuñez Mata and C. Silvia Montes. “It Takes a Village: Social SCADA and Approaches to Community Engagement in Isolated Microgrids”. IEEE. Power and Energy Magazine. Vol. 12 Issue: 4, pp. 60-69. July-Aug. 2014. ISSN 1540-7977. URL: http://ieeexplore.ieee.org/search/searchres ult.jsp?searchWithin=p_Authors:QT.Ortiz-Villalba,%20D..QT.&newsearch=true. Fecha de Consulta: 27 de mayo de 2015. DOI: 10.1109/MPE.2014.2317419.
- [8] Washington University in St. Louis School of Engineering & Applied Science. URL: <http://buildingdashboard.com/clients/washu/seas/brauer/>
- [9] O. Rodríguez. “Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo Energético en el Campus Gral. Rodríguez Lara – Espe Extensión Latacunga”. Tesis para optar al grado de ingeniero. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Cotopaxi, Latacunga. 2014.
- [10] Davis Instruments, Estación Meteorológica Vantage Pro2. URL: <http://www.davisnet.com/weather/products/vantage-pro-professional-weather-stations.asp>
- [11] National Instruments Software de Desarrollo de Sistemas NI LabVIEW. URL: http://www.ni.com/labview/esa/?icid=HP_FG_es-AR_09240906_0617_png
- [12] Davis Instruments Software de Monitoreo de Estaciones Meteorológicas WeatherLink. URL: <http://www.weatherlink.com/>
- [13] Manual PHP. URL: <https://php.net/manual/en/preface.php>
- [14] Sistema de Monitoreo de Recursos Energéticos Primarios en el Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. URL: <http://webltga.espe.edu.ec/sem/monitoreo/index.php>
- [15] Tema 6. Energía Eólica. Curso de Física Ambiental (UCLM Grupo G – 9), pp: 22 – 26. Febrero 2012. Fecha de Consulta. 30 de Mayo de 2015 URL: http://www.uclm.es/profesorado/ajbarbero/FAA/EEOLICA_Febrero2012_G9.pdf
- [16] Proviento, Aerogenerador de Eje Horizontal ZONHAN ZH750. URL: <http://www.proviento.com.pe/aerogeneradores.html>
- [17] Ministerio de Electricidad y Energía Renovables. Atlas Eólico del Ecuador. Quito 2013.
- [18] K. Mullo y K. H. “Diseño e Implementación de Un Módulo Didáctico para Pruebas, de un Generador Híbrido a Base de Energías Renovables no Convencionales (Generador Eólico - Fotovoltaico) Para la Universidad de las

Fuerzas Armadas - Espe Extensión Latacunga.”, p: 84 – 85 pdf. Tesis para optar al grado de ingeniero. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Cotopaxi, Latacunga. 2015.

- [19] Norma ISO 6358. Condiciones de Referencia del Aire. URL: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35808220>

BIOGRAFÍA.

Sixto Fidel Aimacaña Quishpe, nació en Latacunga, Ecuador, el 3 de Enero de 1988.



Curso sus estudios secundarios en el Colegio Técnico Industrial “Juan Abel Echeverría”, donde obtuvo el título de Bachiller Técnico Industrial Especialización Instalaciones, Equipos y Máquinas Eléctricas. Sus estudios superiores los realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, en donde obtuvo el Título de Ingeniero en Electromecánica en Junio del 2015. Se desempeñó como mecánico predictivo en la empresa Grupo Familia Sancela del Ecuador S.A en el área de Mantenimiento Mecánico Fluff.

E-mail: sixtofidelaimacanaquishpe@gmail.com

Wilson Roberto Sango Viracocha, nació en Latacunga Ecuador, el 18 de Julio de 1990.



Cursó sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior “Aloasi”, donde obtuvo el título de Bachiller Técnico Industrial Especialización Instalaciones, Equipos y Máquinas Eléctricas. Sus estudios superiores los realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, en donde obtuvo el Título de Ingeniero en Electromecánica en Junio del 2015.

E-mail: wilyaselectro@gmail.com