

Ing. Miguel Méndez López

miguelm1@uclv.edu.cu

RESUMEN

En el mundo actual la obtención de energía a partir del uso del agua para su generación ocupa un lugar primordial en la agenda global de las naciones para enfrentar los crecimientos energéticos de sus economías, para brindar soluciones de energía a regiones remotas y para ir desplazando sus formas de obtención de la energía hacia fuentes más limpias y renovables.

El cambio climático es provocado, entre otras causas, por las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO_2), durante el proceso de quema de combustibles fósiles. La emisión de otros gases producto de la combustión de portadores energéticos, es medida en dióxido de carbono equivalente.

El presente trabajo plantea la implementación de un software de gestión de la información operativa en la Empresa de Hidroenergía que facilite la mejora en la toma de decisiones de forma que se logren elevados niveles de disponibilidad y generación de electricidad reduciendo los niveles de emisión de GEI por concepto de evitar la quema de combustibles fósiles en las centrales que conforman la base de la generación del SEN.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la globalización, la liberalización de los mercados, el aumento de los índices de pobreza y marginalidad, y las guerras movidas por intereses económicos, específicamente por el control de los recursos petroleros, son cuestiones que caracterizan al mundo contemporáneo, exacerbadas por el incremento de la demanda mundial de consumo energético combinada con la disminución a escala global de las reservas de combustibles fósiles.

Ante este panorama los países y sus gobiernos apuestan por el gigantismo en la generación eléctrica, entendiéndose incremento de la generación energética a partir de la construcción de más centrales termoeléctricas, lo que trae aparejado a su vez un incremento del consumo de combustible fósil en detrimento de la conservación del medio ambiente. En contraposición con esta actitud Cuba desarrolla, desde el año 2005, un revolucionario programa energético cuyo fundamento se basa en el decrecimiento de la demanda de energía eléctrica a partir de la óptima utilización de ésta y el empleo extensivo de fuentes de energía renovables en sustitución de la originada a partir de la combustión de hidrocarburos. Entre las fuentes energéticas renovables identificadas en nuestro país se destaca la aplicación de la hidroenergía como fuente de generación de electricidad.

La energía hidráulica es una fuente renovable, barata, confiable y de tecnología probada, que desde finales del siglo XIX ha jugado un rol importante en la producción de energía eléctrica y que ostenta significativos atributos ambientales: limpieza, sostenibilidad y muy especialmente la ausencia de emisión de gases de efecto invernadero, lo que la sitúa como opción prioritaria en la solución de la producción de electricidad, para todos los países.

Cuba no posee un alto potencial hidroenergético al no contar con grandes ríos que posibiliten la construcción de grandes instalaciones hidroeléctricas, no obstante, a partir de la década del 80 se acometió un amplio programa de construcción de obras hidráulicas y aparejado a esto se construyeron instalaciones hidroenergéticas. La capacidad total instalada no representa un porcentaje elevado de la capacidad de

generación total del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) pero debido a que el peso de la generación eléctrica en el país se basa en centrales generadoras a base de combustibles fósiles, la generación que aportan estas instalaciones hidroeléctricas tienen una importancia considerable desde el punto de vista medioambiental al realizar un aporte en cuanto a la reducción de emisiones derivadas de la combustión fósiles, así como un aporte económico derivado de los altos precios de estos combustibles en el mercado internacional. Socialmente también realizan un aporte considerable, principalmente las instalaciones aisladas que al estar ubicadas en lugares intrincados donde constituyen la única forma de brindar servicio eléctrico a viviendas y objetivos socioeconómicos importantes.

Situación Actual y Perspectiva de la hidroenergía en Cuba

En la década de los ochenta se acometió la construcción de una gran cantidad de instalaciones como parte del Programa de Rescate de la Voluntad Hidráulica, y aparejado a varios de estos se construyeron instalaciones hidroenergéticas, con la fabricación en Cuba de una parte del equipamiento necesario. Este programa se vio frenado a causa del Período Especial en los primeros años de los noventa.

El Estado cubano ha trabajado durante varios años en la identificación del potencial hidroenergético aprovechable del país, a partir del análisis de los principales ríos del archipiélago y la realización de estudios de factibilidad del aprovechamiento hidroenergético de las presas construidas. El potencial hidroenergético estimado es de 650MW (IAEA, 2008), con una generación anual cercana a 1300 GW-h. Alrededor del 50% de ese potencial está localizado en la cuenca Toa-Duaba, sin embargo ese potencial no puede ser explotado debido a que la cuenca está considerada como área protegida con un elevado número de especies endémicas de flora y fauna.

Las mayores potencialidades del país están en las más de 230 presas construidas por la Revolución, que tienen una capacidad de agua almacenada de aproximadamente 9 000 millones de metros cúbicos, y de ellas 40% no se utiliza.

Al cierre de 2010, existen un total de 173 instalaciones con una potencia instalada de más de 66 MW que con una disponibilidad del 90% generaron 96,5 GWh anuales, con un ahorro de combustible equivalente a 25 109 ton dejándose de emitir a la atmosfera 77 260 t de CO₂ (GNEHT, 2011). Del total de instalaciones, 35 se encuentran interconectadas al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) y el resto operan de forma aislada ofreciéndole servicio eléctrico a aproximadamente 530 objetivos socioeconómicos y 8600 viviendas con alrededor de 3500 habitantes beneficiados.

Los costos del kilowatt instalado oscilan entre **1 500 y 2 500 USD/kW**, los que resultan bajos comparados con los de otros países. Esto se debe a que los objetos de obra más costosos son las presas y ya están construidas.

Para los próximos años existe una línea de desarrollo previsto que abarca los siguientes programas:

- **Mantenimientos y operaciones.** Pretenden crear y consolidar un sistema de trabajo que posibilite alcanzar altos niveles de disponibilidad en las instalaciones, reduciendo en nivel de averías y el tiempo de atención a las mismas lo cual permitiría un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada y mayores niveles de generación.
- **Puesta en marcha de las instalaciones paralizadas.** Pretende rescatar instalaciones que se encuentran paralizadas debido a elevados niveles de deterioro y que requieren inversiones para su puesta en funcionamiento nuevamente, lo cual permitiría la elevación de la capacidad instalada.
- **Inversionista de incremento de las capacidades instaladas.** Este programa prevé la construcción de nuevas instalaciones hidroenergéticas, para los cuales existen xxx estudios de pre inversión.
- **Modernización de mini hidroeléctricas.** Mediante este programa de modernización se dotaran a las mini hidroeléctricas con dispositivos automáticos de control que les posibilitaran un mejor funcionamiento y eficiencia.

La Empresa de Hidroenergía, adscripta a la Unión Eléctrica (UNE) subordinada al Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) es la entidad encargada de construir, operar y mantener las instalaciones hidroenergéticas en nuestro país de forma que estas aporten la mayor cantidad de energía eléctrica al SEN y a las viviendas y objetivos socioeconómicos beneficiados por las instalaciones aislada. La empresa está compuesta por una oficina central radicada en La Habana y 7 Unidades Empresariales de Base (UEB) ubicadas en Pinar del Rio, Cienfuegos, Villa Clara, Granma, Santiago de Cuba, Guantánamo y Hanabanilla.

Debido a la gran cantidad de instalaciones y la dispersión de estos en el territorio nacional se hace necesario contar con un sistema automatizado de gestión de la información operativa fundamental que posibilite a la alta dirección de la empresa contar con información oportuna y confiable que le permita tomar decisiones. En el presente esta información se controla por medio de un gran número de documentos Excel dispersos en las diferentes áreas de la empresa los cuales no resultan idóneos para afrontar los requerimientos de la operatividad de la empresa.

Objetivo general

- Implementar un software que permita automatizar el flujo de la información operativa relativa a la actividad de generación de electricidad en la Empresa de Hidroenergía, que, basado en el cálculo de indicadores de desempeño operacional y ambiental, permita hacer un mejor uso de la información obtenida en el proceso de toma de decisiones y mejora continua.

Objetivos específicos

- Investigar y proponer el conjunto de indicadores de desempeño operacional y medioambiental posibles a obtener a partir de la información operativa gestionada en el proceso de generación de electricidad en la Empresa de Hidroenergía.
- Utilizar las facilidades de la herramienta de cuarta generación Genexus X, para

el desarrollo del software generando en ambiente web con lenguaje C# y sistema gestor de base de datos SQL Server 2000.

Justificación de la investigación

En la Empresa de Hidroenergía existe un marcado interés en mejorar los procesos de toma de decisiones en la confección de los planes de mantenimientos y la política de compra de los recursos necesarios para acometerlos debido, fundamentalmente, a la cantidad de instalaciones que se dañan anualmente, quedando indisponibles para la generación, por distintas causas; por tanto, desde el punto de vista económico, es conveniente desarrollar este software que ayude a la toma de decisiones para la confección de estos planes y con ello alargar la vida útil de las instalaciones, elevar los indicadores de disponibilidad y obtener importantes ahorros por concepto de compra de equipos. Este proceso de mejora en el nivel estratégico de la empresa lleva aparejado un gran impacto ambiental y social debido a que a mayores niveles de disponibilidad y generación de electricidad se reducen la emisiones de gases de efecto invernadero asociado a la quema de combustibles fósiles en las plantas generadoras que conforman la generación base del SEN, así como la elevación de la cantidad y calidad del servicio eléctrico que reciben las poblaciones y los objetivos socioeconómicos beneficiados por las instalaciones aisladas. Por tanto es de destacar que si constamos con buenos planes de mantenimientos que minimicen la cantidad de equipos e instalaciones que quedan indisponibles por concepto de no haber sido atendidos a tiempo, esto hará posible aumentar notablemente entrega de energía al SEN y a los clientes de los sistemas aislados contribuyendo a la reducción de las emisiones por concepto de uso de las fuentes no renovables de energía y ahorrando cantidades considerables de combustible que no sería necesario importarlas a elevadísimos precios en el mercado internacional.

Propuesta de Solución

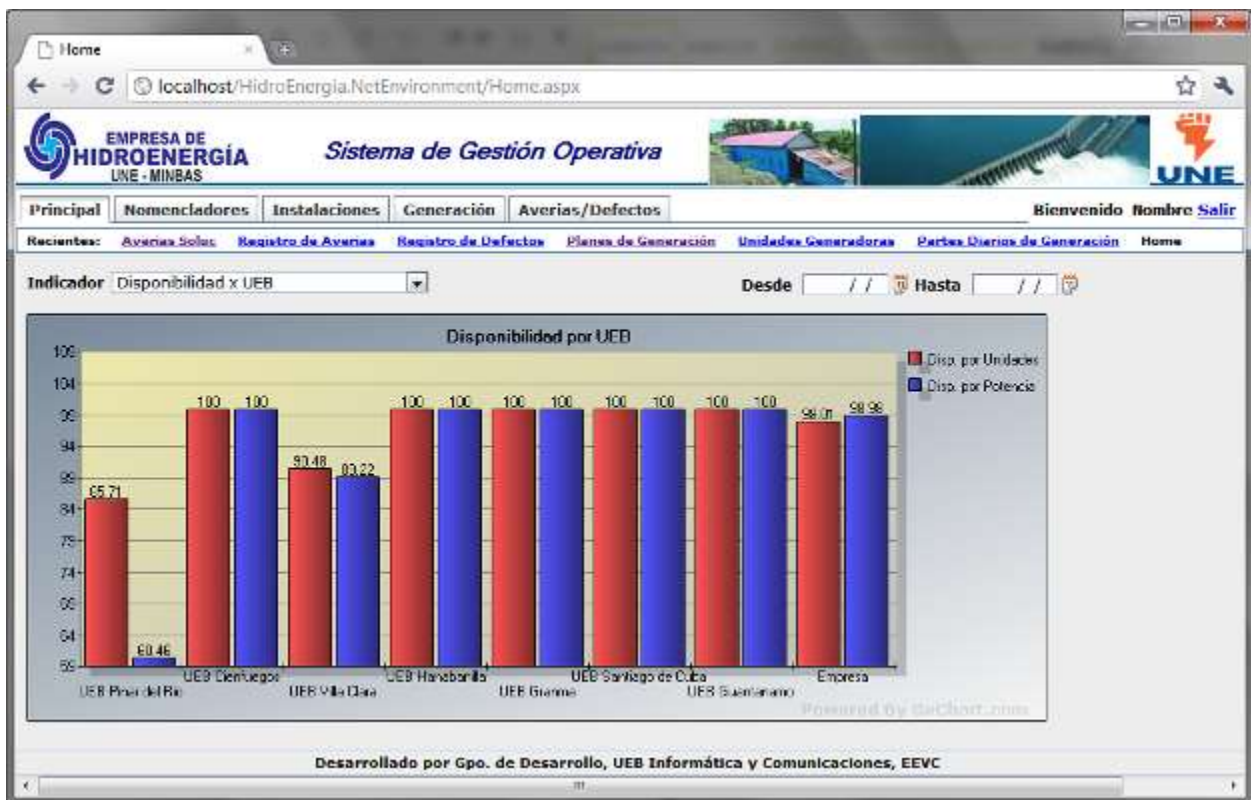
Se propone el desarrollo de un software en plataforma web para gestionar toda la

información operativa, el cual debe contar con módulos de Instalaciones, Control de la Generación, Control de Averías, Control de Defectos y Administración de Seguridad.

El sistema a desarrollar permitirá el cálculo de indicadores operativos importantes que con su análisis permitirán la toma de decisiones para mantener un elevado nivel de disponibilidad de las instalaciones generadoras de forma que estas aporten la mayor cantidad de energía al SEN o a los clientes aislados. Con la consolidación en la explotación del mismo se irán creando archivos con información histórica que permitirán conocer las causas más frecuentes de averías e indisponibilidad de las instalaciones, inventarios de los defectos en las instalaciones y con estas informaciones orientar los procesos de logística y mantenimiento hacia una mayor efectividad.

Aparejado al procesamiento y análisis de la información operativa se podrá analizar el desempeño ambiental de la empresa partiendo de indicadores operacionales y ambientales. El análisis de los comportamientos de estos en el tiempo posibilitará la toma de decisiones en la búsqueda de la mejora continua.

El sistema propuesto tendrá el aspecto que se muestra en las siguientes imágenes.



Unidades Generadoras

localhost/HidroEnergia.NetEnvironment/vistageneracion.aspx

EMPRESA DE HIDROENERGÍA
UNE - MINBAS

Sistema de Gestión Operativa

Principal | Nomencladores | Instalaciones | Generación | Averías/Defectos

Bienvenido Nombre Salir

Recientes: Averías Solas | Registro de Averías | Registro de Defectos | Planes de Generación | Partes Diarios de Generación | Home | Unidades Generadoras

Estado Actual de la Generación

Disponible: 59551.2 | Generando: 6730.0 | Avería: 0.0 | Mto.: 400.0 | Otros: 280.0

Disponibilidad por Unidades: 98.0
Disponibilidad por Potencia: 99.0

UEB: UEB Villa Clara | Municipio: (Todos) | Estado SEN: (Ninguno) | Instalación:

UEB	Instalación	U1	U2	U3	U4
UEB Villa Clara	MINI-Pico Blanco	133.0	100.0	40.0	
UEB Villa Clara	MICRO-Bermejo I	40.0			
UEB Villa Clara	MICRO-Bermejo II	20.0			
UEB Villa Clara	MICRO-El Negrito	18.0	18.0		
UEB Villa Clara	MICRO-Batalla de Sta Clara	20.0			
UEB Villa Clara	MICRO-Manantiales	20.0			
UEB Villa Clara	MINI-Hanabanilla	400.0			
UEB Villa Clara	MINI-Can Can	40.0	40.0	40.0	
UEB Villa Clara	MINI-Vegueta	96.0			
UEB Villa Clara	MICRO-IV Congreso	18.0			
UEB Villa Clara	MICRO-Lebrige	25.0			
UEB Villa Clara	MICRO-Zaza	40.0			
UEB Villa Clara	PCHÉ-Zaza	1330.0	1330.0		
UEB Villa Clara	PCHÉ-Chambas	520.0	520.0		

Desarrollado por Gpo. de Desarrollo, UEB Informática y Comunicaciones, EEVC

Registro de Averías

localhost/HidroEnergia.NetEnvironment/wwaverias.aspx

EMPRESA DE **HIDROENERGÍA**
UNE - MINBAS

Sistema de Gestión Operativa

Principal Nomencladores Instalaciones Generación **Averías/Defectos** Bienvenido Nombre Salir

Recientes: Averías Solas Registro de Defectos Planes de Generación Partes Diarios de Generación Home Unidades Generadoras Registro de Averías

Registro de Averías

Fecha Desde: 01/06/11 Hasta: 01/06/11 Tipo de Avería Civil Estado Reporte (Todos) Estado SEN (Todos)

UEB (Todos) Instalación Descripción de la Avería

Agregar Avería Ordenar por Id. de Avería

Id	Instalación	Pot. Afect.	Fecha y Hora	Tipo	Descripción	Duración (Hrs)	Hora Fin
27	MICRO-El Mulo	30,0	30/03/11 11:00	Eléctrica	Caída de 5 postes de líneas secundarias debido a intensos vientos	1523,0	// 00:00
26	MICRO-La Tinaja	10,0	29/03/11 11:00	Eléctrica	Caída de un poste	1547,0	// 00:00
25	MINI-Loma de la Cruz	101,0	20/07/10 10:00	Mecánica	Juego en el rodete	7596,0	// 00:00
24	PCH-E-Zaza	2700,0	29/03/11 11:00	Mecánica	Salidero de agua en la unidad 1 que afecta la unidad 2	1547,0	// 00:00
23	MICRO-El Cudillo	30,0	17/08/08 08:00	Mecánica	Avería en la conductora, panel de control, turbina y generador	24446,0	// 00:00
22	MICRO-Colorado	1,3	18/03/11 11:00	Civil	Peligro de derrumbe en el techo de la instalación completa	1811,0	// 00:00
21	MINI-Guanayara	100,0	06/02/11 11:00	Mecánica	Rodete sin instalar	2771,0	// 00:00
19	MICRO-Bermejo I	35,0	17/05/11 15:43	Eléctrica	Transformador de Salida Quemado	366,3	// 00:00

Desarrollado por Gpo. de Desarrollo, UEB Informática y Comunicaciones, EEVC

Registro de Defectos

localhost/HidroEnergia.NetEnvironment/wwdefectos.aspx

EMPRESA DE **HIDROENERGÍA**
UNE - MINBAS

Sistema de Gestión Operativa

Principal Nomencladores Instalaciones Generación Averías/Defectos Bienvenid

Recientes: Averías Solas Planes de Generación Partes Diarios de Generación Home Unidades Generadoras Registro de Averías Defectos Solas Reg

Registro de Defectos

Fecha Desde: 01/06/10 Hasta: 01/06/11 Prioridad (Todos) Estado Reporte (Todos)

UEB (Todos) Instalación Estado SEN (Todos)

Objeto de Obra (Todos) Elemento (Todos) Det. Elem.

Agregar Defectos

Id	Tipo	Instalación	Elemento	Det. del Elem.	Fecha	Descripción del Defecto	Prioridad	Resuelto
8	MICRO	Arroyón Manantuava	Turbina/Carcasa	Carcasa	30/05/11	Salideros en la junta.	Urgente	//
7	MICRO	Acueducto	Tubería o Canal de Aprox./Válvulas	Valvula Pcpal de entrada	30/05/11	Falta el dispositivo de bloqueo.	Urgente	30/05/11
6	CHE	Hanabanilla	Turbina/Carcasa	Carcasa Unidad 3	16/05/11	Elementos de fijación inferior partidos		18/05/11
5	MICRO	Baitiquiri	Dique Derivador/Obra de Toma	Toma de agua	16/05/11	obstruida	Urgente	27/05/11
4	MICRO	Acueducto	Turbina/Carcasa	Carcasa Unidad 1	16/05/11	Muestras de oxidación	Mantenimiento	17/05/11
3	CHE	Hanabanilla	Dique Derivador/Obra de Toma	Toma de Agua de la Unidad 1	16/05/11	Esta muy sucia	Mantenimiento	16/05/11
2	MICRO	Alcarraza	Turbina/Carcasa	Carcasa, lado izquierdo	16/05/11	Dañada por las vibraciones.	Mantenimiento	16/05/11
1	MICRO	Almendral	Dique Derivador/Obra de Toma	Toma de Agua	16/05/11	Parcialmente obstruida por restos vegetales	Mantenimiento	//
0	CHE	Hanabanilla	Dique Derivador/Rejilla	Rejilla de la toma de agua	16/05/11	Está tupida por sedimentos	Urgente	//

CONCLUSIONES

El desarrollo e implementación de la solución propuesta en este trabajo dotará a la empresa de una herramienta de gestión que posibilitara un mejor proceso de toma de decisiones basado en indicadores de desempeño calculados a partir de información oportuna y confiable.

El principal resultado obtenido de este proceso será mayores entregas de energía al SEN a partir de altos índices de disponibilidad de las instalaciones generadoras. Esto posibilita un desplazamiento hacia las energías renovables de una parte de la matriz energética del país, ahorrando recursos financieros por concepto de sustituir importaciones de combustibles para la generación eléctrica y conjuntamente con esto reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

De igual forma, al estar identificados y registrados los comportamientos de las averías y los defectos existentes en cada instalación, las actividades de logística y mantenimientos serán más efectivos al poder racionalizar los recursos materiales y financieros hacia aquellas instalaciones donde estos pueden ser más productivos en el menor tiempo posible.

BIBLIOGRAFÍA

GNEHT 2011. Balance Anual 2010 Grupo Nacional de Energía Hidráulica Terrestre.

IAEA 2008. Cuba: a country profile on sustainable energy development.