



REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTRAL DE CUBASOLAR

**REVISTA CIENTÍFICA de las
FUENTES RENOVABLES de ENERGÍA**

6



Conductos de iluminación y ventilación natural para edificios de vivienda en zonas urbanas compactas.....	1
Dispersión y deposición de especies ácidas en América Central y el Caribe.....	9
Gestión ambiental empresarial. Metodología para la realización de una revisión medio ambiental.....	20
Evaluación de la metodología para el diseño de sistemas de extracción de gases en cocinas industriales utilizada por la empresa Emprotur S.A.	44
Indicadores de eficiencia energética en hoteles turísticos en Cuba.....	55
Evaluación de sistemas fotovoltaicos en tres comunidades apartadas del estado de Nayarit.....	61

Conductos de iluminación y ventilación natural para edificios de vivienda en zonas urbanas compactas

Natural Illumination and Ventilation Ducts for Apartment Buildings in Compact Urban Areas

*Prof. Dra. Arq. Dania González Couret
Facultad de Arquitectura (Architecture Faculty), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría / José Antonio Echeverría Polytechnic Institute (ISPJAE),
Calle 114 y 127, CUJAE, Marianao 19390, Havana, Cuba.
Tel.: 2671108. Fax: 2606997.
e-mail: dania@arquitectura.ispjae.edu.cu*

Resumen

Las tradicionales recomendaciones de diseño bioclimático que para climas cálido-húmedos como el de Cuba se ofrecen en casi todos los manuales especializados, originan una tipología arquitectónica que puede resultar apropiada en zonas rurales o suburbanas, pero no en áreas centrales compactas de la ciudad. Sin embargo, la necesaria preservación de los valores culturales y ambientales de la ciudad tradicional, así como el alto costo del suelo en áreas urbanas centrales y la necesidad de optimizar su aprovechamiento como principio básico de sustentabilidad, imponen la necesidad de estudiar soluciones arquitectónicas que pueden ser desarrolladas en lotes profundos y estrechos. El presente artículo muestra los resultados con vistas a ofrecer recomendaciones de diseño para conductos especializados de iluminación y ventilación natural de bajo costo y bajo consumo de energía que favorecen un mejor aprovechamiento del suelo y garantizan, al mismo tiempo, apropiadas condiciones de iluminación y ventilación en los espacios interiores de viviendas sociales en zonas urbanas compactas de clima cálido-húmedo.

Palabras clave: Diseño bioclimático, ventilación, iluminación natural.

Abstract

The traditional recommendations made on bioclimatic design for humid-warm climates as that of Cuba, usually found in almost all specialized manuals, give rise to an architectural typology which can be the proper one in rural and suburban areas, but not in central compact areas of the city. However, the necessary preservation of cultural and environmental values of the traditional city, as well as the high cost of soil in central urban areas and the need to optimize its use as a basic principle of sustainability, require the study of architectural solutions which can be developed in deep and narrow lots. This article deals with the results required to make design recommendations for specialized illumination ducts and low-cost natural ventilation and low-energy consumption which favor a better use of soil, thus guaranteeing, at the same time, proper illumination and ventilation conditions in interior spaces of social dwellings in compact urban areas in humid-warm climate.

Key words: Bioclimatic design, ventilation and natural illumination.

Introducción

Es internacionalmente reconocido (y afortunadamente, ya también en Cuba) que el diseño bioclimático constituye un importante recurso para el ahorro energético en las edificaciones.

Las tradicionales recomendaciones de diseño bioclimático que para climas cálido-húmedos, como el de Cuba, se ofrecen en casi todos los manuales especializados, originan una tipología arquitectónica que puede resultar apropiada en zonas rurales o suburbanas, pero no en áreas centrales compactas de la ciudad.

La necesaria preservación de los valores culturales y ambientales de la ciudad tradicional, así como el alto costo del suelo en áreas urbanas centrales, y la necesidad de optimizar su aprovechamiento como principio básico de sustentabilidad, imponen el estudio de soluciones arquitectónicas que puedan ser desarrolladas en lotes profundos y estrechos.

A esto se debe que la arquitectura tradicional en estas áreas haya dispuesto, históricamente, sus espacios en torno a un patio interior (central o lateral) y después a patinejos (pequeños patios), fundamentalmente en edificios multifamiliares de vivienda.

El empleo de patinejos, si bien puede ayudar a mejorar las condiciones de iluminación y ventilación en aquellos espacios interiores más alejados del exterior, ocasiona serias afectaciones a la privacidad acústica y visual de las viviendas.

Por todo ello, la hipótesis general que originó el presente trabajo planteaba la posibilidad de solucionar las necesidades de ventilación e iluminación natural de los espacios interiores no relacionados directamente con el exterior en zonas urbanas compactas, mediante el empleo de conductos especializados de iluminación y ventilación naturales, de bajo costo y bajo consumo de energía, que no generen a su vez las afectaciones a la privacidad interior que ocasionan los patinejos.

Antecedentes

Los conductos de ventilación forzada o mecánica son ampliamente usados a escala internacional; sin embargo, la experiencia en conductos de ventilación natural, que corresponde con el objetivo de este trabajo, es más limitada. Algo similar sucede con los conductos de iluminación, aunque su uso es, en general, menos difundido, pero predominan las soluciones de alta tecnología.

Conductos de ventilación natural

Tradicionalmente se han empleado tres mecanismos básicos para producir el movimiento natural del aire en los conductos de ventilación: los mecanismos naturales de movimiento del aire por fuerza de viento o diferencia de temperaturas; mecanismos eólicos capaces de crear una diferencia de

presiones en el extremo de salida que provoque la extracción del aire; y la diferencia de temperaturas provocada por el calentamiento solar.

Dentro del primer grupo se encuentran las tradicionales chimeneas empleadas para la extracción del aire caliente en cocinas y las torres de viento, muy usadas en climas cálido-secos. La extracción del aire interior mediante el calentamiento solar es un recurso muy común actualmente en los edificios de alta tecnología, y requiere de colectores que encarecen el costo de inversión.

Las soluciones eólicas incluyen el extractor tipo «cebollita» que, aunque no necesita una fuente adicional de energía para su funcionamiento, ya que se mueve por la fuerza natural del viento exterior, incluye mecanismos de rodamiento que incrementan los costos de inversión y mantenimiento. Los sistemas basados en la aspiración estática [1, 2 y 3] y el efecto vénturi están constituidos, sin embargo, por elementos fijos de la propia construcción, que no requieren otra energía que la del viento, y los costos de mantenimiento son mínimos. Estos han sido, por tanto, los sistemas objeto de estudio en el presente trabajo.

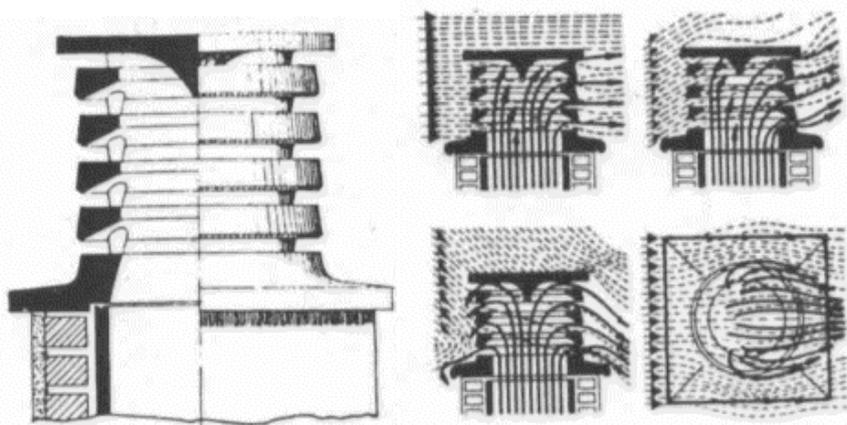


Fig. 1. Aspirador estático tipo Shunt [3].

Conductos de iluminación natural

Los conductos de iluminación natural que se emplean actualmente en el mundo pueden clasificarse en dos grupos básicos: conductos de sol [4, 5, 6 y 7] y conductos de luz o luminiductos [8, 9 y 10].

Los primeros, como su nombre lo indica, conducen la radiación solar directa del exterior hacia los espacios interiores. Esto significa una carga térmica adicional que se introduce en el ambiente interior, lo cual no es muy recomendable en el clima cálido de Cuba. Por otra parte, el rayo de luz directa en el interior puede ocasionar deslumbramiento por exceso de contraste, de manera que habría que emplear además elementos difusores de la luz en la salida del conducto hacia el interior.

Dentro de éstos se encuentran también los conductos de alta tecnología que permiten trasladar la luz a largas distancias empleando lentes especiales u

otros elementos concentradores que aumentan considerablemente el costo de inversión, y más recientemente se usa para estos fines la fibra óptica.

Los conductos de luz difusa son menos eficientes, pero reducen la carga térmica conducida hacia el espacio interior y podrían funcionar adecuadamente como complemento de la iluminación natural lateral para espacios profundos en edificios de poca altura. Estos han sido, por tanto, el objeto de estudio del presente trabajo.

Caso de estudio

Como caso de estudio para verificar la validez del uso de los conductos de iluminación y ventilación natural propuestos, se ha tomado un proyecto de vivienda social en el centro histórico de la ciudad de Matanzas [11].

El empleo de estos conductos en el proyecto favorece un buen aprovechamiento del suelo al permitir estructurar el espacio mediante viviendas dúplex medianeras, largas y estrechas, donde se ha priorizado la relación directa con el exterior (calle o patio interior) para los espacios de función principal, mientras que el baño, ubicado hacia el interior se ventila e ilumina mediante conductos. Los conductos de iluminación permiten también complementar el nivel de iluminación en la zona más alejada del exterior del estar-comedor.

Experimentación en modelos

Partiendo de las soluciones preliminares propuestas para los conductos en el proyecto de estudio (ubicación y dimensiones), se seleccionó una torre de viviendas localizada hacia el Norte (zona de mayor obstrucción del contexto urbano), para verificar, mediante estudios experimentales en modelos a escala, la factibilidad de éstos con vistas satisfacer los requerimientos de ventilación [5, 12, 13, 14, 15, 16 y 17] e iluminación [8, 16, 18 y 19], y proponer las recomendaciones de diseño que se deben adoptar.

Conductos de ventilación

Los conductos de ventilación en el proyecto objeto de estudio están propuestos sólo para la ventilación higiénica de los baños, ubicados cada dos niveles por tratarse de viviendas dúplex y que no dan directamente al exterior. De acuerdo con las recomendaciones de diversos autores, se tomó para el cálculo un valor de tres cambios de aire por persona por hora para garantizar la ventilación higiénica en baños. Teniendo en cuenta el volumen del baño, que además es comúnmente usado por una sola persona, se estableció un caudal mínimo de aire a extraer por el conducto de $30 \text{ m}^3/\text{h}$. Considerando que el conducto deberá sobresalir al menos $1,50 \text{ m}$ por encima de la cubierta, para evitar sombras de viento que afecten su funcionamiento [20], se estimó una altura máxima en este proyecto de 12 m . Para el dispositivo vénturi, para esta altura sería necesario una relación de áreas $A1/A2$ de $3,76$ que garantice la caída de presión suficiente a fin de extraer el caudal de aire requerido.

Según las dimensiones recomendadas en la literatura internacional para conductos de ventilación, se asumió una sección de aproximadamente 180 cm^2 que puede ser satisfecha con un tubo de 15 cm o 6 pulgadas de diámetro. La

escala del modelo fue determinada por la disponibilidad de un tubo de 4 pulgadas (10 cm) de PVC, lo cual significa una escala de 1:1,5.

Como instrumentos de medición se contaba con dos anemómetros de copillas de fabricación soviética, por lo cual se decidió medir la relación entre las velocidades del viento exterior y las velocidades del flujo del aire en el interior del conducto, para compararlas con la velocidad de 0,28 m/s, necesaria para el caudal requerido.

Otra limitación impuesta al modelo consistió en la altura del conducto, que tuvo que ser fijada en 80 cm (1,20 m en las dimensiones reales, de acuerdo con la escala), para ajustarse a la altura del equipo empleado e impulsar el aire que simula el viento exterior; un soplador mecánico de fabricación inglesa, que distribuye el aire de manera uniforme mediante una rejilla, con velocidades entre 1 y 5 m/s.



Fig. 2. Mediciones con el modelo de dispositivo vénturi.

Las mediciones se realizaron en veinte modelos diseñados como resultado de la combinación de las siguientes variables:

- Relación de áreas en el dispositivo vénturi.
- Ángulos de entrada del dispositivo (horizontales y verticales).
- Ángulos de salida del dispositivo (horizontales y verticales).
- Dimensiones de la sección de entrada (A1).
- Sección de salida del conducto (diámetro).
- Obstáculo a barlovento del conducto para producir un flujo de aire que incremente en él la succión.
- Protección a la salida del conducto para evitar que entre el aire; se invierte el sentido del flujo esperado.

En el experimento se incluyeron también otros dos modelos del tipo aspirador estático o shunt, realizados de acuerdo con la información gráfica disponible en la literatura consultada [3], ya que no se han encontrado datos respecto a modelos de cálculo, a pesar de que su uso es extendido y su funcionamiento, aparentemente eficiente. Aun cuando se supone que el efecto vénturi garantiza una succión en el conducto que remata, no en todos los casos medidos sucede esto. En algunos modelos, el aire, en lugar de salir hacia arriba por el conducto, se impulsa hacia abajo a través de él. En otros casos se produce una ligera succión no perceptible para el equipo de medición (anemómetro) empleado.

En los modelos donde se obtiene un efecto de succión medible coincide que la caída de la sección es superior a 4 (valor calculado: 3,76) y existe un obstáculo a barlovento que incrementa el efecto de succión del viento sobre el conducto. Los mejores resultados coinciden con la presencia de un ángulo «negativo» a la salida del dispositivo para incrementar el efecto de succión, y ángulos menores de 25 grados en la sección de entrada del viento. También se obtienen resultados en el modelo tipo aspirador estático.

Conductos de iluminación

Los conductos de iluminación propuestos en el caso de estudio se usan como única fuente de luz para los baños y como iluminación complementaria en la zona del comedor, más alejada de la entrada de luz natural al espacio continuo estar-comedor.

Se experimentó con nueve modelos que responden a la combinación de alternativas para las siguientes variables:

- Salida del conducto: Dimensiones de la abertura, forma y orientación que permita o evite la entrada de la radiación solar directa.
- Coeficiente de reflexión de las superficies interiores del conducto. (media y alta).
- Sección del conducto (50 cm x 50 cm y 50 cm x 80 cm).
- Presencia o no de aberturas de salida de luz en los pisos superiores, que reducen la cantidad de luz que llega a la planta baja.

Las mediciones se desarrollaron simultáneamente en el exterior y el interior, con dos luxómetros KOVO PU 150 de fabricación soviética, y en modelos a escala 1:10.

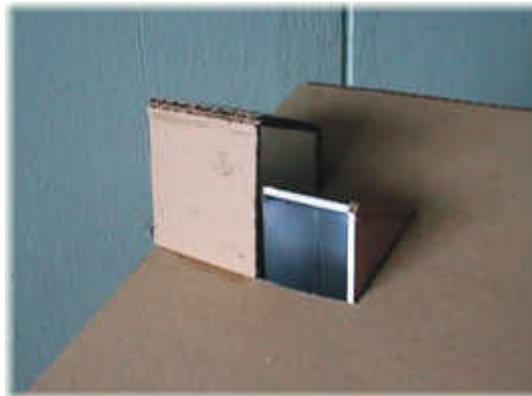


Fig. 3. Salida del conducto de iluminación sobre la cubierta del modelo.

En todos los casos, los valores del factor de día obtenidos estuvieron por debajo de 1.00, lo cual indica que no es posible usar estos conductos como única fuente de iluminación natural en espacios como cocinas y comedores donde, según la norma vigente, se requiere un factor de día de 1,5. Sin embargo, logran satisfacerse los niveles de iluminación requeridos en el caso de estudio para el baño, y como complemento de la iluminación natural en el

comedor ($e = 0.47$), en este caso con la sección de 50 x 80 cm, la reflectividad interior del conducto alta y la variante de salida con un ángulo de 60 grados.

Conclusiones

Los resultados del presente trabajo constituyen estudios preliminares que permiten demostrar la factibilidad de estos conductos para satisfacer los requerimientos de ventilación higiénica e iluminación natural diurna en baños, así como de iluminación complementaria en comedores y cocinas en viviendas, con un mínimo costo de inversión y mantenimiento y, sin embargo, ventajas significativas en el uso del suelo urbano.

A partir del estudio realizado se pudieron establecer las recomendaciones específicas para el diseño de los conductos de iluminación y ventilación en el edificio objeto de análisis. En futuras investigaciones deberá precisarse la influencia de cada una de las variables de diseño que intervienen en los resultados para arribar a recomendaciones generales. También resulta conveniente profundizar en el estudio del aspirador estático.

Referencias

1. «Aspiradores decorativos». <http://www.rodri5.com/index1.htm>
2. «Aspiradores estáticos». <http://www.climatecnica.com/residencial/index.shtml>
3. «Cúpula: construcción, arquitectura, decoración», No. 221, marzo 1968, Barcelona, p. 173.
4. COCH, HELENA AND ANTHONY ISALGUE. «Sun Ducts: New Design and Applications», Renewable Energy Renewable: The energy for 21st Century) part I, Pergamon, Brighton. UK, 7 July 2000, p. 489.
5. *Curso de arquitectura bioclimática y construcción sostenible*. CD-R, INHEM, Ciudad de La Habana. 2001.
6. SERRA, RAFAEL Y HELENA COCH. Ediciones UPB. Barcelona, 1991.
7. URRUTIA, ORLANDO. «Proyecto de arquitectura bioclimática en Barcelona», Programa Europeo, Building 2000, www.deurrutia.com
8. DE LA PEÑA, ANA MARÍA. «Iluminación natural». Tesis en opción al grado científico de Doctor. Facultad de Arquitectura, La Habana, 1992.
9. «Lumiductos». <http://www.crictyt.edu.ar/institutos/inciusa/ahv/soporte.html>
10. SOLER, ALFONSO; PILAR OTEIZA. «Métodos experimentales, utilidades informáticas y dispositivos para la iluminación natural en edificios», Revista Tecnología y Construcción. No 12, 1996. pp. 9-18.
11. GONZÁLEZ COURET, DANIA, y otros. «Diseño de viviendas urbanas bioclimáticas y progresivas en la Ciudad de Matanzas», Proyecto ganador del Gran Premio en el Concurso Nacional de Diseño del Hábitat, Facultad de Arquitectura, Ciudad de La Habana, 1999.
12. AEDENAT (Documentos recopilados) «Arquitectura bioclimática». Abril, 1993. España. Aire interior. <http://www.cepis.org.pe>.
13. «Caudal Higiénico Recomendado». <http://www.stacas04e.gob.mx.html>
14. «Factores de renovación de aire». <http://www.Lomancomexico.com/mexico/temas>
15. GONZÁLEZ, DANIA. «Ahorro de recursos materiales y energéticos en la vivienda». Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Facultad de Arquitectura, Ciudad de La Habana, 1994.

16. «*Ventilación requerida*». [http// www.usuarios.com/prevenci/CPIChm](http://www.usuarios.com/prevenci/CPIChm)
17. ALEMANY, A. «*Climatología, iluminación y acústica: aplicaciones a la arquitectura*», ISPJAE, La Habana, 1986.
18. NC 53-86:83 «*Elaboración de proyectos de construcción. Iluminación natural en edificios*».
19. ALFONSO, A. Entrevista personal, La Habana, 24 de mayo de 2001.
20. PÉREZ, OSLEY. «*Estudio de conductos de iluminación y ventilación en viviendas*». Tesis de Diploma. Facultad de Arquitectura, IPJAE, 2001.

Dispersión y deposición de especies ácidas en América Central y el Caribe

Dispersion and Deposition of Acid Species in Central America and the Caribbean

Madeleine Sánchez Gácita

Leonor Turtós Carbonell

Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía, CUBAENERGÍA.

Information and Energy Development Center, CUBAENERGÍA

Calle 20 No. 4111, entre 18A y 47, Playa, Havana, Cuba.

Tel.: 2062065. Fax: 2041188.

e-mail: msgacita@cubaenergia.cu; leonort@cubaenergia.cu

Resumen

La determinación de los costos externos de la generación de electricidad cobra cada día mayor importancia a nivel mundial como vía segura para reducir los impactos de esta actividad. Un paso importante en la metodología de obtención de estos costos lo constituye el estudio de la dispersión de los contaminantes emitidos por las plantas generadoras. Estimaciones previas de los costos externos incluyeron modelos detallados para la evaluación de la dispersión local de contaminantes atmosféricos; sin embargo, la dispersión regional fue pobremente evaluada [1, 2 y 3]. El objetivo de este trabajo es la implementación en Cuba, por primera vez, de un modelo para el cálculo de la dispersión regional de contaminantes atmosféricos en una rejilla que abarca el Caribe y parte de América Central. Se utilizó esta implementación para evaluar el efecto de tres plantas generadoras en el área.

Palabras clave: Dispersión regional, contaminantes atmosféricos, contaminación atmosférica.

Abstract

Determination of external costs in electricity generation has become increasingly important worldwide as a dependable way of lowering the impacts of these activities. An important step in the methodology to obtain these costs is the study of the contaminant dispersion released by the generating plants. Former external cost estimations included detailed models for the evaluation of local dispersion of atmospheric pollutants; however, regional dispersion was poorly evaluated (1, 2 and 3). The objective of this paper is to implement for the first time in Cuba, a model for regional dispersion estimates of atmospheric contaminants, in a grid which covers the Caribbean and a part of Central America. This implementation was used to evaluate the effect of the three generating plants in the area.

Key words: Regional dispersion, atmospheric contaminants, atmospheric contamination.

Introducción

A partir de 1995 se llevó a cabo, por parte de la Unión Europea, un programa de investigación conjunta para estimar los costos externos de las diferentes

fuentes de energía. El proyecto se denominó ExternE y en el marco de éste se desarrolló el software EcoSense.

Las experiencias obtenidas de ExternE han mostrado que el impacto regional de los contaminantes atmosféricos puede llegar a ser más significativo que el impacto local (aproximadamente 90 %) [4]. En Cuba no se contaba con las herramientas necesarias para la evaluación de forma detallada de la dispersión regional; estimaciones anteriores de los costos externos trataban este impacto de manera muy simplificada.

Dada su importancia y peso se decidió su implementación preliminar y por primera vez en Cuba, como paso inicial con vistas a un estudio más completo. Para esta implementación fue considerado el modelo utilizado en EcoSense [5], la que se llevó a cabo mediante una herramienta conocida como WindRose Model Interpreter, WMI (intérprete o compilador de modelos tipo rosa de los vientos) [6]. Esta implementación fue utilizada para evaluar el efecto de tres plantas de generación.

El fenómeno de la dispersión regional es de difícil estudio para países en vías de desarrollo porque requiere de una gran cantidad de datos meteorológicos y de concentraciones de fondo para un dominio necesariamente amplio, incluso en modelos simples.

Dominio utilizado y descripción del modelo

Para el cálculo fue definida una rejilla con origen en 97 Oeste, 12 Norte, que contiene 72 x 34 celdas de 0,5° x 0,5°. Esta rejilla cubre el área del Caribe, parte de América Central y la península de la Florida. Se ha utilizado la proyección Cónica de Lambert (lcc) con parámetros:

- Elipsoide: Clarke 1 866
- Meridiano central $lon_0 = -79d0$
- Paralelo central $lat_0 = 22d0$
- Primer paralelo $lat_1 = 25d0$
- Segundo paralelo $lat_2 = 16d0$
- Falso origen $x_0 = 1\ 971\ 478,78$; $y_0 = 1\ 106\ 651,68$
- Escala en el meridiano central $k_0 = 0,99995696$

Las celdas que sólo contienen mar fueron consideradas sitios no receptores, y las restantes celdas de la rejilla, sitios receptores. Esta consideración disminuye el tiempo de cálculo y se han tenido en cuenta en experiencias anteriores con el modelo, pero en análisis posteriores, de mayor alcance, pueden ser consideradas receptoras todas las celdas de la rejilla, lo que posibilita el estudio del impacto sobre ecosistemas marinos y la calidad del aire en esas zonas.

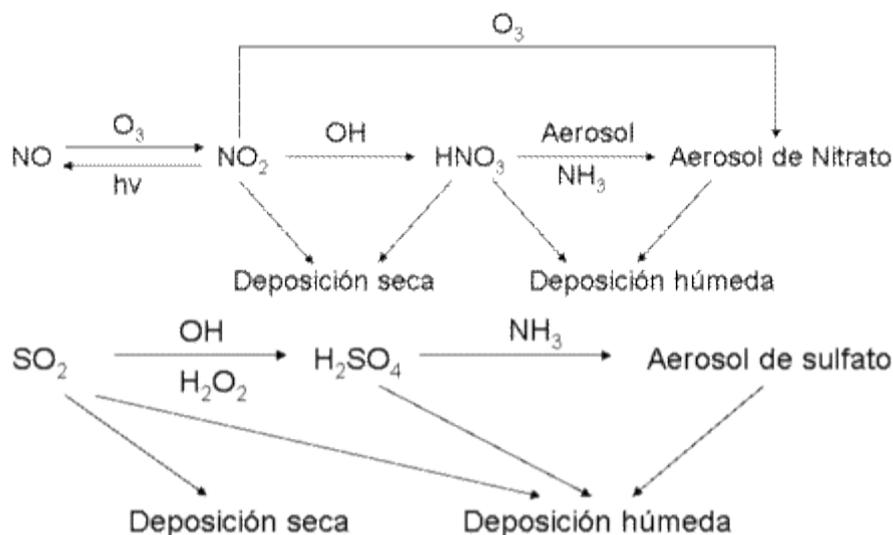
El modelo es lagrangiano, receptor-orientado y de tipo rosa de los vientos, diferencia entre 24 sectores de la rosa de los vientos, de 15°, de modo que a cada uno de estos sectores llega una parcela de aire en una trayectoria en línea recta al sitio receptor.

El comportamiento a largo plazo en cada sitio receptor es obtenido sumando los resultados de las 24 trayectorias que arriban a él adecuadamente ponderadas por las frecuencias de los vientos en cada sector. Se asume una parcela de aire con las dimensiones horizontales de una celda de la rejilla, que se extiende en la vertical hasta el tope de la capa de mezcla y se desplaza a lo largo de una trayectoria. Se considera para la altura de la capa de mezcla el valor de 800 m.

El comportamiento de los contaminantes dentro de la parcela de aire es descrito usando una representación a largo plazo de los procesos químicos, físicos y de deposición relevantes. En cada celda de la rejilla se utiliza el mismo valor de velocidad del viento para todas las direcciones.

Cada trayectoria ha sido seguida un máximo de 96 horas antes de arribar al sitio receptor. Este procedimiento es realizado para cada sitio receptor y en relación con los modelos-fuente orientados tiene la ventaja de que para cada sitio receptor se considera simultáneamente el efecto de todas las fuentes y no cada una por separado. Este detalle puede ser decisivo en un estudio donde las reacciones, dando lugar a contaminantes secundarios, son importantes y dependen de las concentraciones de contaminantes primarios existentes.

El mecanismo químico considerado es consistente con el descrito en las referencias [7, 8, 9] Los procesos químicos dentro del modelo se ilustran en la figura 1. Los valores de las velocidades de reacción y los parámetros que describen el proceso de deposición fueron extraídos de las referencias citadas. El WMI a partir de esta descripción resuelve la ecuación de transporte para el interior de la celda, así como el cálculo de las trayectorias que siguen las parcelas y los valores de concentración y deposición de contaminantes a lo largo de dichas trayectorias.



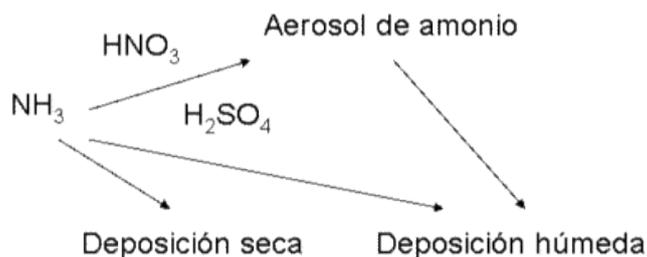


Fig. 1. Transformaciones químicas incluidas en el modelo.

Caso de estudio

Para el estudio del efecto de tres plantas generadoras, ubicadas en Tallapiedra (Ciudad de La Habana), Santa Cruz (provincia Habana) y Cienfuegos (en la provincia del mismo nombre), se analizó en primer lugar un caso base, utilizando los datos de inventarios de emisiones de referencia; se añadieron en un segundo análisis las emisiones de las tres plantas para observar el incremento en los niveles de contaminación del aire.

La ubicación geográfica de las plantas y la rejilla definida pueden observarse en la figura 2.

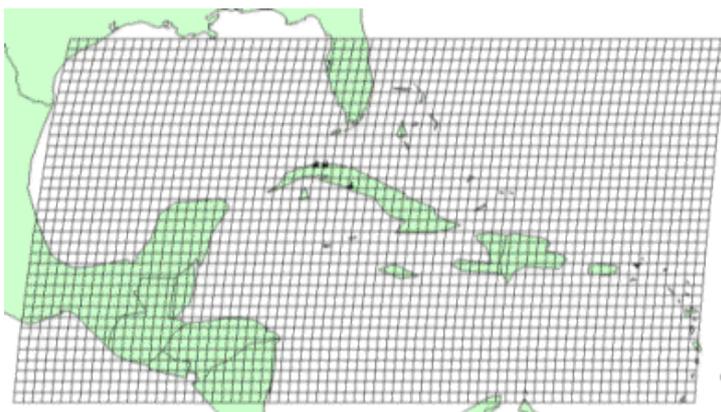


Fig. 2. Plantas generadoras incluidas en el estudio.
De izquierda a derecha: Tallapiedra, Santa Cruz y Cienfuegos .

El modelo necesita como datos de entrada mínimos los valores de las emisiones de SO_2 y NO_2 , altas y bajas; las emisiones de NH_3 ; el promedio anual de precipitaciones y la rosa de los vientos para cada una de las celdas de la rejilla. En este caso se añadieron los valores de las emisiones altas y bajas de SO_2 y NO_2 para cada una de las plantas. El NH_3 no es una emisión directa de éstas; por lo tanto, no se considera.

Las rosas de los vientos fueron obtenidas, para su lectura, mediante colaboración internacional en formato binario y en conjunto con los fuentes sobre linux. Los datos de viento pueden ser adquiridos en el National Center for Atmospheric Research, USA. Se incluyen los años 1984-1998.

Los detalles de los inventarios de datos de emisiones usados se muestran en la tabla 1. Se seleccionó 1995 como año de estudio considerando que el conjunto

más actualizado disponible de todos los datos necesarios corresponde a dicho año.

Las emisiones de SO₂ y NO₂ fueron agrupadas en emisiones altas y bajas mediante el criterio de que las emisiones bajas son emitidas por debajo de los 100 m y posteriormente interpoladas a una rejilla de 0,5o x 0,5o utilizando una herramienta del MapInfo. Con este mismo procedimiento se interpolaron los datos de precipitaciones (tabla 2). Este método puede ser mejorado en posteriores estudios, o bien utilizar otra fuente de datos con mayor resolución espacial.

Tabla 1. Detalles de los inventarios de datos de emisiones usados

Contaminante	Fuente	Años incluidos	Escala espacial	Resolución
SO ₂ ,NO ₂	EDGAR emission data base. http://arch.rivm.nl/env/int/coredata/edgar.html	1990,1995	Global	1ox1o
NH ₃	NH ₃ international emission inventory. http://arch.rivm.nl/databases/nh3	1990,1995	Global	0,5ox0,5o

Tabla 2. Detalles del inventario de precipitaciones usado

Fuente	Años incluidos	Escala espacial	Resolución
GPCC precipitation data base. http://www.dwd.de/research/gpcc/download	1995-2002	Global	1o x 1o

Los datos necesarios de las tres plantas se muestran en la tabla 3. Las emisiones de las plantas Santa Cruz y Cienfuegos son consideradas como altas, mientras las de Tallapiedra se consideran bajas atendiendo a la altura de la chimenea.

Tabla 3. Datos de las plantas generadoras

Nombre	Longitud	Latitud	Altura de emisión	NO ₂ (ton./year)	SO ₂ (ton./year)
Tallapiedra	82,35 O	23,12 N	Baja	741,10	6 288,28
Santa Cruz	81,95 O	23,16 N	Alta	3 620,33	65 147,67
Cienfuegos	80,45 O	22,16N	Alta	3 342,82	30 794,9

Resultados

Los mapas temáticos muestran el incremento en los valores de concentración y deposición de los contaminantes primarios y secundarios que contempla el modelo implementado (Fig. 1). Estos valores indican el aporte a la concentración o deposición del contaminante en el área, debido al efecto conjunto de las plantas consideradas (Fig. 2).

La figura 3 muestra el aumento en la concentración de SO₂ debido a las emisiones de las tres plantas tenidas en cuenta. Dicho incremento es mayor

cerca de las plantas y disminuye a medida que nos alejamos; esto corrobora el hecho conocido de que el impacto de este contaminante es mayormente local.

Por otra parte, en la figura 4 podemos ver que el aumento de la concentración de H_2SO_4 es pequeño, pero su alcance relativo es mayor; es decir, está menos concentrado en áreas cercanas a las plantas.

La variación de las concentraciones de aerosoles de sulfato debido a las tres plantas se muestra en la figura 5. A pesar de que este incremento es pequeño, existen valores relativamente significativos, incluso en las penínsulas de la Florida y Yucatán, alejadas de las plantas.

El aumento en los valores de deposición seca y húmeda se aprecia en las figuras 6 y 7, respectivamente. La deposición seca muestra un comportamiento similar al del SO_2 , con un impacto fundamentalmente local, mientras que la deposición húmeda no está tan localizada alrededor de las plantas, en correspondencia con el hecho de que está influenciada, además, por el incremento en las concentraciones de H_2SO_4 y aerosoles de sulfato, en las cuales el impacto regional es más significativo. El régimen anual de precipitaciones también desempeña, en este caso, un papel importante.

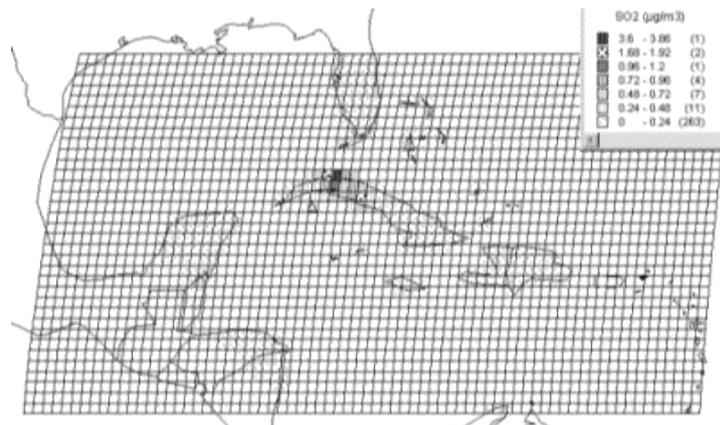


Fig. 3. Aumento en la concentración de SO_2 .

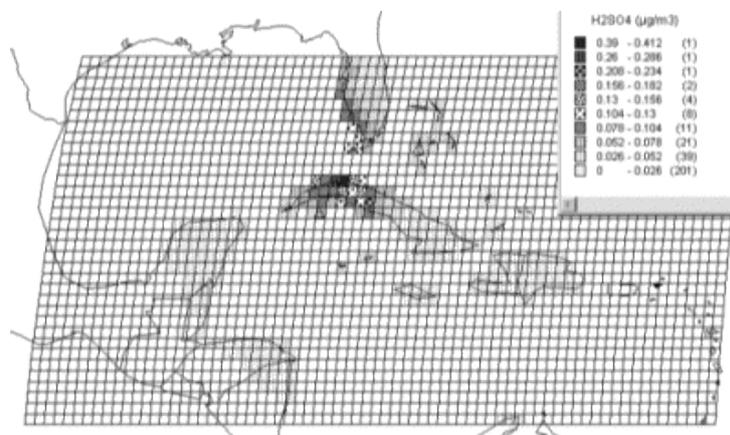


Fig. 4. Incremento en los valores de concentración de H_2SO_4 .

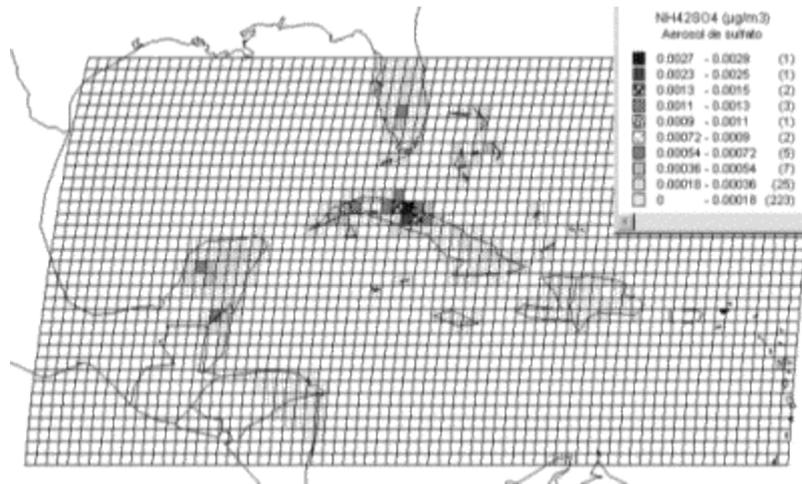


Fig. 5. Crecimiento de los valores de concentración de aerosoles de sulfato.

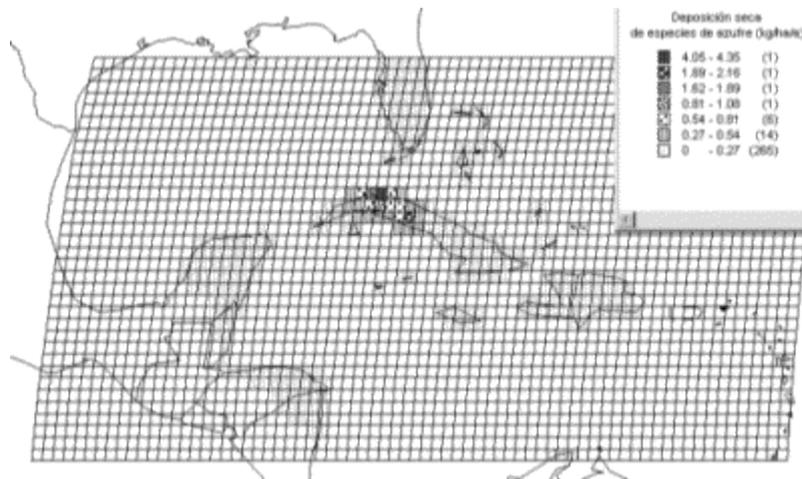


Fig. 6. Aumento en la deposición seca de especies de azufre.

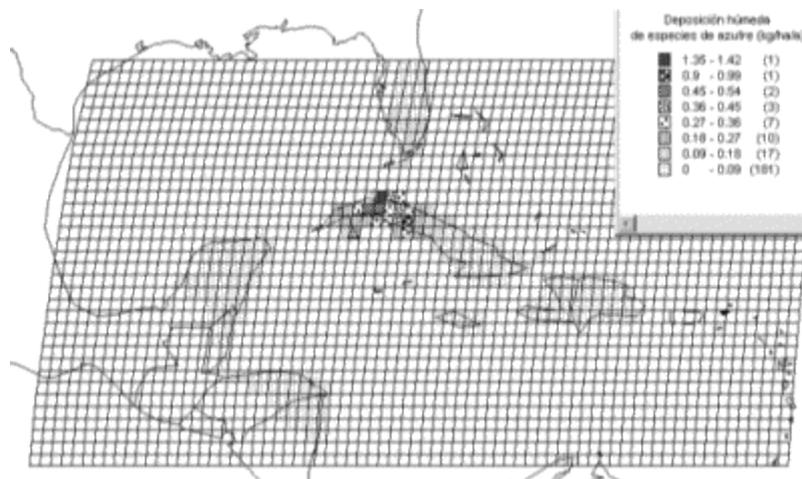


Fig. 7. Incremento en la deposición húmeda de especies de azufre.

El aumento en las concentraciones de NO y NO₂ se muestra en las figuras 8 y 9, respectivamente. Se aprecia también que ambas están más localizadas alrededor de las fuentes. Esto concuerda con lo esperado, ya que se conoce que el impacto de dichos contaminantes es básicamente local (Fig. 10).

El incremento en las concentraciones de HNO₃ es relativamente significativo a distancias alejadas de la fuente. La presencia de valores negativos se debe a que la cuarta cifra de los resultados ya no es significativa, debido al error numérico de los cálculos y a la precisión de los datos de entrada. Esto sucede también con los valores de concentración de los aerosoles de nitrato (Fig. 11). En este caso la precisión de los cálculos no permite estimar estos valores, los cuales son, por otra parte, lo suficientemente pequeños como para ser despreciados.

Los valores de deposición seca y húmeda para las especies de nitrógeno pueden verse en las figuras 12 y 13, respectivamente. Debe señalarse la importancia del régimen de lluvia en el segundo caso.

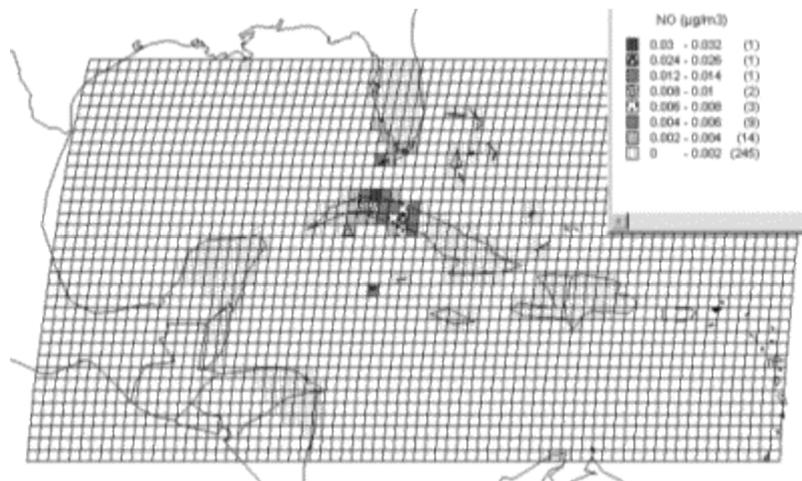


Fig. 8. Incremento de la concentración de NO.

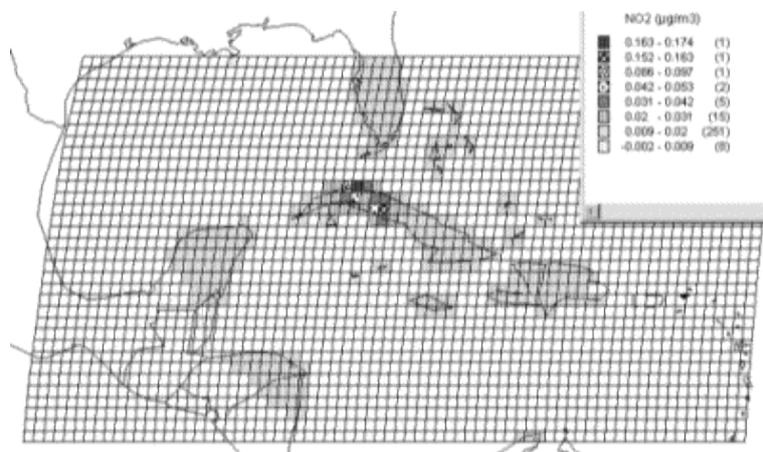


Fig. 9. Aumento de la concentración de NO₂.

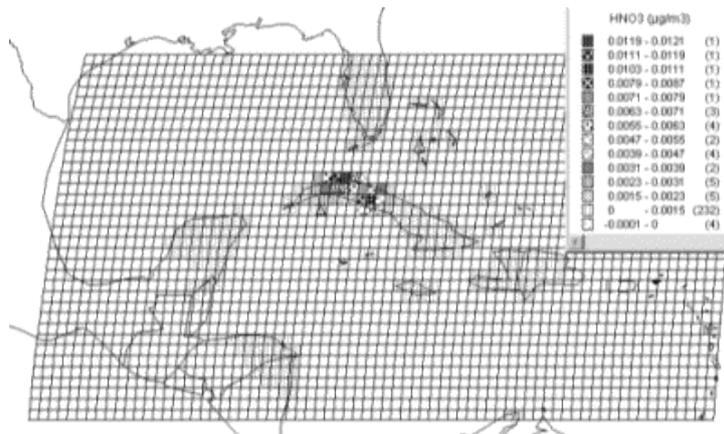


Fig. 10. Crecimiento de la concentración de HNO₃.

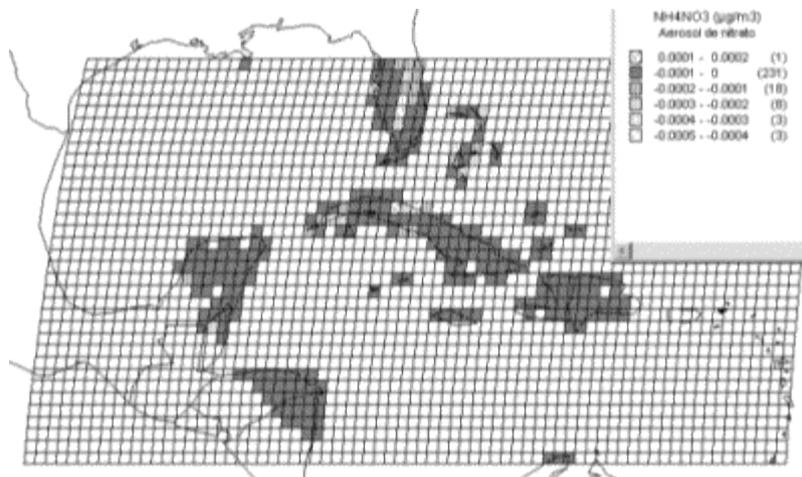


Fig. 11. Incremento de la concentración de aerosoles de nitrato.

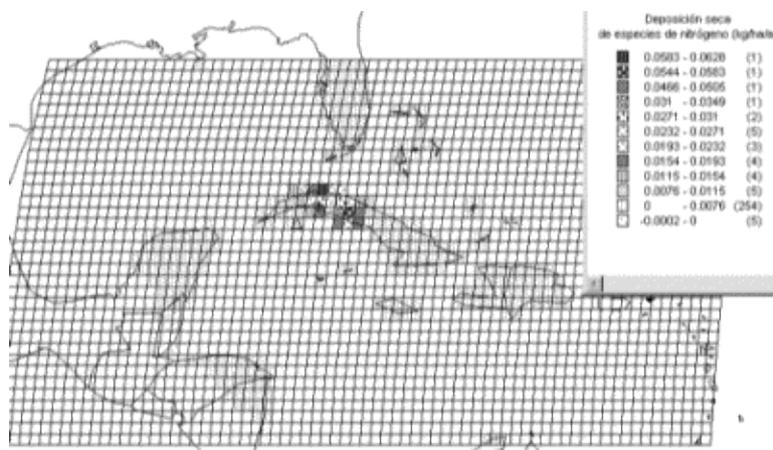


Fig. 12. Aumento de la deposición seca de especies de nitrógeno.

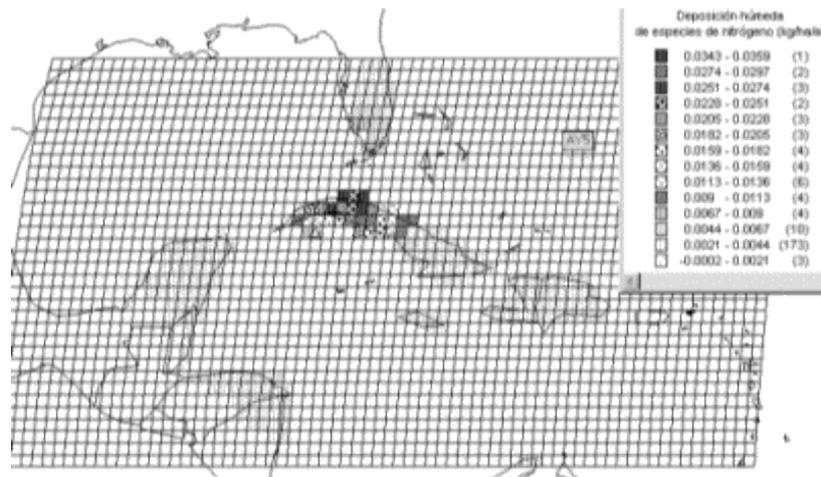


Fig. 13. Crecimiento de los valores de la deposición de especies de nitrógeno.

Los resultados obtenidos muestran que el modelo ha sido implementado correctamente, y adecuado a nuestras condiciones. Del análisis de éstos aún no puede extraerse un comportamiento típico para la dispersión regional en el área debido a la calidad de los datos de entrada empleados y a que se necesita incluir en el estudio un mayor número de plantas, idealmente todas las del área. Por otra parte, los resultados muestran claramente el alcance de la dispersión regional, unos 1 300 km aproximadamente, aunque en este resultado hay que tener en cuenta el valor de las emisiones de las plantas.

No se han encontrado fuentes experimentales para comparar los resultados. Este tipo de medición resulta muy costoso, especialmente para un estudio regional y no local.

Conclusiones

Se ha logrado implementar un modelo internacional que permite calcular la dispersión regional de los contaminantes atmosféricos, aplicándolo al área del Caribe. Este trabajo permitirá mejorar la estimación de los costos externos de la generación eléctrica y ayudará a reducir el impacto ambiental y los costos de esta actividad, aunque también puede ser empleado en otras ramas de la industria donde las emisiones fundamentales sean SO_x, NO_x y NH₃.

Los resultados muestran que los contaminantes pueden llegar a distancias de aproximadamente 1 300 km de las plantas generadoras donde son emitidos. En este estudio preliminar aún no puede establecerse un comportamiento típico para la dispersión regional de contaminantes en el área.

Posteriores estudios deberán incluir un mayor número de plantas generadoras, así como datos de inventario más actualizados y de mejor calidad, lo cual mejorará sensiblemente los resultados finales. Se considera que los resultados obtenidos, aunque están sometidos a mejoras, son consecuentes y lógicos, de modo que avalan en cierta medida el trabajo realizado. No se han encontrado fuentes experimentales para corroborarlos.

Aunque las plantas generadoras analizadas se encuentran en Cuba, el estudio puede extenderse con facilidad a todas las plantas del área. Un análisis posterior podría abarcar, además del Caribe, el área de Centroamérica en su totalidad.

Bibliografía

1. TURTÓS, L.; A. ROQUE Y E. MENESES. «*Desarrollo y aplicación de la metodología para la evaluación local de la dispersión de contaminantes emitidos en Centrales Termoeléctricas*». VII Taller Cátedra de Medio Ambiente. Contribución a la Educación y a la Protección Ambiental. Instituto Superior de Ciencia y Tecnología Nuclear, vol. 2, La Habana, junio 2001.
2. TURTÓS, L.; E. MENESES Y HENRY RICARDO. «*Estimation of Externalities in Cuba using Simplified Methodologies*». Final Report on Research Contract Number CUB-11209. Submitted to International Atomic Energy Agency. Research coordinate program: «*Estimating the Cost of Externalities in Developing Countries using Simplified Methodologies*». La Habana, Cuba. February 2002.
3. TURTÓS, L. Y E. MENESES. «*Estimación de las externalidades ambientales de la generación eléctrica en Cuba utilizando metodologías simplificadas*». III Convención Internacional Medio Ambiente y Desarrollo, La Habana, junio 2001.
4. SPADARO J. V. Quantifying the Health Impacts of Air Pollution, Prepared for the International Atomic Energy Agency, Planning and Economics Studies Section, Nuclear Division, Vienna, Austria, 1999A.
5. User's Manual. EcoSense 2.0, Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung.
6. TRUKENMULLER, ALFRED, Using WMI: Implementing atmospheric trajectory models with the Wind rose Model Interpreter, Revision 1.1, November 1998.
7. METCALFE, S. E., et al. «*Acid deposition modeling and the interpretation of the United Kingdom Secondary Precipitation Network Data*». Atmospheric Environment, vol. 23, No 9, 1989, 2033-2052.
8. DERWENT, R. G. AND K. NODOP, Long-range transport and deposition of acidic nitrogen species in north-west Europe. Nature, vol. 324, November 1986, 356-358.
9. R. G. DERWENT ET AL. «*An intercomparison of long-term atmospheric transport models: the budgets of acidifying species for the Netherlands*». Atmospheric Environment, vol. 23, No 9, 1989, 1893-1909.

Gestión ambiental empresarial. Metodología para la realización de una revisión medio ambiental

Environmental Entrepreneurial Management. Methodology for An Environmental Check Up.

M.Sc. Ing. Lázaro L. Betancourt Pineda

Ing. Luis A. Pichs Herrera

M.Sc. Lic. Liliana Toledo Isel

Lic. Karel Rodríguez Fonseca

Centro de Información y Gestión Tecnológica /Information and Technological Management Center (CIGET), Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente /Ministry of Science, Technology and Environment/(CITMA), Cienfuegos, Cuba.

e-mail: lbetancourt@ciget.perla.inf.cu

http://www.cienfuegos.cu

□

Resumen

Se presenta un instrumento metodológico que recoge la información de un número considerable de normas, guías, resoluciones, metodologías de cálculo, así como de publicaciones, todo en materia de medio ambiente, que permite a cualquier especialista realizar una revisión ambiental de una entidad dada y contar con los elementos básicos para evaluar el comportamiento de la organización con respecto al medio ambiente.

Palabras clave: Gestión ambiental, metodologías de cálculo, revisión medioambiental.

Abstract

This paper deals with a methodological instrument which gathers the information of a significant number of standards, guides, resolutions, estimation methodologies, as well as publications, all referred to the environment, which allows any specialist to carry out an environmental check-up of a given entity and thus have the basic elements to evaluate the behavior of the organization regarding the environment.

Key words: Environmental management, estimation methodology, environmental check-up

Introducción

En la medida en que crece la preocupación por mantener y mejorar la calidad del medio ambiente y proteger la salud humana, organizaciones de todo tipo están volviendo cada vez más su atención hacia los impactos potenciales de sus actividades, productos y servicios. El desempeño ambiental de una organización es de creciente importancia para las partes interesadas internas y externas. El logro de un desempeño ambiental razonable requiere de un compromiso de la organización, para un enfoque sistemático y un mejoramiento continuo de su Sistema de Gestión Ambiental (SGA).

La posición actual de una organización con respecto al medio ambiente se puede establecer por medio de una revisión medio ambiental inicial.

Esa revisión inicial puede comprender los puntos siguientes:

- Caracterización del medio ambiente.
- Identificación de requisitos legales y regulatorios.
- La identificación de aspectos ambientales de sus actividades, productos o servicios para determinar aquellos que tengan o puedan originar impactos ambientales significativos y responsabilidades.
- Evaluación del desempeño comparado con los criterios internos pertinentes, normas externas, reglamentaciones, códigos de práctica y conjuntos de principios y directrices.
- La consideración de procedimientos y prácticas de gestión ambiental existentes.
- Identificación de políticas y procedimientos existentes referidos a compras y actividades contractuales.
- Retroalimentación a partir de la investigación de incidentes previos de no conformidad;
- Oportunidades de ventajas competitivas.
- Los puntos de vista de las partes interesadas.
- Las funciones o actividades de otros sistemas organizativos que puedan facilitar o dificultar el desempeño ambiental.

En todos los casos se debe considerar el conjunto total de condiciones operativas, incluyendo posibles incidentes y situaciones de emergencia.

Los procesos y resultados de la revisión ambiental inicial serán documentados y se identificarán las oportunidades para desarrollar un Sistema de Gestión Ambiental.

La Revisión Medioambiental (REMA) es una valiosa herramienta de la Gestión Ambiental (GA) que permite conocer en forma objetiva la posición actual de una organización con respecto al medio ambiente, lo que la convierte en un elemento primario o punto de partida para el establecimiento de un Sistema de Gestión Medioambiental.

El presente trabajo constituye una herramienta metodológica para cualquier especialista, en materia de medio ambiente. Recoge la información de normas, guías, resoluciones, metodologías de cálculo y publicaciones y facilita la revisión ambiental de una entidad dada. Permite, además, contar con los elementos básicos para evaluar el comportamiento de la organización con respecto al medio ambiente.

Objetivos generales

- Determinar las relaciones e interacciones de una organización con el medio ambiente.
- Determinar criterios evaluativos del desempeño ambiental de una organización.
- Proporcionar las herramientas que permitan introducir las mejoras ambientales futuras.

Objetivos específicos

- Caracterizar el medio ambiente: biótico, abiótico y socioeconómico.
- Revisar la documentación ambiental existente en la organización.
- Identificar los requisitos legislativos y regulativos aplicables a la organización.
- Revisar y evaluar las diferentes áreas de la organización. Identificar los aspectos ambientales de sus actividades, productos o servicios.
- Revisar y evaluar las principales materias primas y recursos naturales.
- Revisar y evaluar los principales focos de contaminación potencial y latentes.
- Identificar las acciones impactantes y los factores impactados.
- Describir y evaluar los impactos ambientales significativos
- Establecer las medidas de mitigación de los impactos ambientales significativos.
- Determinar el índice de desempeño ambiental.

Procedimientos para el desarrollo de la Revisión Medioambiental (REMA)
Para la realización de la REMA se debe tener en cuenta las diferentes fases o etapas que permiten su desarrollo armónico y adecuado.

Fases de la REMA

La Revisión Medioambiental tiene cuatro fases: previa o prerrevisión, de gabinete, de campo y de elaboración de informe.

Fase previa o prerrevisión: En esta fase se realiza un recorrido general por las diferentes áreas de la instalación y se identifican en primera instancia los problemas medioambientales generados por los procesos productivos o de servicios en los diferentes medios (agua, suelo, aire, sonoro, etc.) que afectan a nivel local, comunitario, territoriales o nacionales según corresponda. El equipo realiza la selección de las personas que participarán en la evaluación y designa el campo de acción de cada una de ellas al Jefe de equipo, el cual debe ser nombrado y aprobado previamente por el CTA y el Consejo de Administración de la entidad consultora, distribuye las tareas correspondientes según la especialidad y se organiza la programación (cronograma) de visitas.

Fase de gabinete: Analiza la situación en términos teóricos; en ella se recopilan, revisan y analizan todos los documentos existentes en la instalación, con el objetivo de conocer los antecedentes de dicha instalación, tales como: licencia de apertura y puesta en marcha, inspecciones realizadas por la administración, análisis efectuados por la institución ramal, la Delegación Provincial del Ministerio Ramal, libro de registros de residuos, documentos de control y seguimiento, planos de la instalación, diagramas de flujo, etcétera.

Fase de campo: Consiste en visitar la instalación con el fin de localizar los focos de emisión de contaminación, seleccionar las muestras y realizar los análisis si son previstos según corresponda. Determinar cuáles son los problemas técnicos que impactan sobre el medio ambiente derivados del proceso de producción y/o de servicios, y en función de ello esbozar las líneas de actuación más adecuadas para desarrollar las acciones necesarias.

Fase de elaboración de informe: Sintetiza y recoge las sugerencias y oportunidades de mejoras para cada una de las revisiones parciales realizadas. Presenta el informe con las conclusiones y recomendaciones.

Metodología

I. Caracterización del medio ambiente

Objetivo: Recoger brevemente una descripción de la línea base ambiental; valorar el estado actual del medio ambiente y caracterizar el medio ambiente socioeconómico; todo esto enmarcado en el área de influencia de la entidad y lo que tenga significación a los efectos del desempeño ambiental de ésta o que la afecte. Se deben caracterizar, en cada caso, el medio ambiente abiótico, el biótico y el socioeconómico.

Caracterización del medio ambiente abiótico: Breve descripción de la geología del lugar y de la geomorfología, así como las características climáticas (temperatura, precipitaciones, humedad y vientos). Calidad del aire; inventario de las fuentes contaminantes gaseosas, líquidas o de aporte de sedimentos, incluyendo los malos olores; radio de protección sanitaria; agua: fuente de abasto, calidad de las aguas de la fuente de abasto, potencial de infiltración, protección natural de las fuentes de abasto; mar: características físicas, químicas y biológicas de las aguas costeras y marinas; corrientes marinas, dirección y velocidad; mareas, altura, duración y lugar hasta donde penetra en los ríos; batimetría; calidad de las aguas marinas y costeras; ubicación de las fuentes contaminantes y caracterización de éstas.

Caracterización del medio ambiente biótico: Breve descripción de la situación de la vegetación y los recursos forestales de la zona; localización de especies raras, endémicas o en peligro de extinción; de valor comerciable y susceptibles de aprovechamiento; presencia de ecosistemas frágiles o de alta vulnerabilidad; especificar áreas protegidas, límites y categorías de manejo; la fauna local o autóctona y/o importada; inventario de la fauna terrestre, acuática y marina.

Caracterización del medio ambiente socioeconómico: Se describe de forma breve dentro de la ubicación geográfica donde se encuentran las instalaciones, las características de ésta, los procesos productivos y de servicios que realiza, la categoría, plantilla, estructura administrativa y de servicio, nivel cultural medio de los trabajadores, características del área de influencia de la instalación, población, estado de las viviendas, niveles de salud, indicadores económicos de mayor importancia, levantamiento de la base económica de la zona, patrimonio cultural, monumentos y áreas protegidas, áreas de valor histórico y arquitectónico. Zona costera, planes de desarrollo perspectivo de la entidad y del área donde se ubica. Percepción de la comunidad sobre la calidad ambiental de la entidad.

II. Revisión de la documentación

Objetivo: Conocer, entender e interpretar adecuadamente las actividades que realiza la empresa, así como la documentación, normas requerimientos y procedimientos, para poder identificar los requisitos ambientales que debe

cumplir la entidad, particularmente los fijados por la legislación ambiental vigente referidos a los productos y/o servicios de ésta. Identificar los requisitos legislativos y regulativos aplicables a la organización.

Documentación que se debe revisar:

1. Breve reseña histórica de la instalación.
2. Descripción del proceso productivo.
3. Legislación, normas, regulaciones u otros requerimientos ambientales aplicables.

Normas de calidad de la materia prima y del producto terminado.

4. Instrucciones específicas de los puestos de trabajo.
5. Manual de Seguridad y Salud del Trabajo.
6. Inventario y caracterización de las fuentes contaminantes.
7. Normas internas y procedimientos de funcionamiento.
8. Plan de contingencias contra accidentes y catástrofes naturales (DC).
9. Plan de PCI. (Plan de extinción, plan de alarma, plan de evacuación).
10. Planes de liquidación de averías o emergencias.
11. Plan de Mantenimiento especificando los equipos involucrados al medio ambiente.
12. Licencias y/o estudios ambientales. Licencia sanitaria, licencia y/o permiso para la transportación de la materia prima principal y los productos terminados (licencias de seguridad biológica, permisos de SB, licencia de seguridad radiológica, permisos de SR, licencias y permisos de seguridad marítima).
13. Estrategia integrada de ciencia, innovación tecnológica y medio ambiental, incluida la estrategia de educación ambiental, la de seguridad biológica, de seguridad radiológica, seguridad marítima y seguridad industrial para los casos que lo requiera.
14. Plan de manejo de los PQT y los desechos peligrosos.
15. Gráfico del monitoreo de los efluentes.
16. Instrucciones de operación de los sistemas de tratamientos residuales y emisiones a la atmósfera.
17. Instrucciones de generación, tratamiento, almacenamiento y disposición final de desechos sólidos. Plan de manejo de desechos sólidos.
18. Registros de:
 - Denuncias (internas o externas).
 - Incidencias e incidentes ambientales.
 - Impactos ambientales negativos significativos.
 - Resultado de las inspecciones ambientales estatales realizadas.
19. Modelo 26 A (inversiones en materia de medio ambiente).
20. Otros (diagnóstico y expediente del Perfeccionamiento Empresarial, documentación de seguridad Marítima, Seguridad del Transporte y Seguridad Industrial, etc.)

III. Revisión de las áreas

Áreas a evaluar en la REMA

Las áreas de la organización que hay que incluir en las visitas al terreno son:

1. Toda la instalación, incluyendo los laboratorios, almacenes, áreas de mantenimiento, áreas de operación y de prestación de servicios.
2. Recorrido de todo el área perimetral.
3. Descarga de residuales líquidos, sólidos y gaseosos.
4. Áreas de almacenamiento y/o procesamiento de las materiales y desechos peligrosos.
5. Almacenamiento de residuales (interior/exterior).
6. Órganos de tratamiento de residuales.
7. Fuentes de abasto de agua.
8. Almacenamiento de materias primas.
9. Almacenamiento de combustibles.
10. Áreas verdes.
11. Otras áreas de interés para el equipo.

Los aspectos ambientales (A/A) son los elementos de las actividades, productos y/o servicios de la entidad que pueden interactuar con el medio ambiente. Los aspectos ambientales significativos son los que tienen un efecto o impacto ambiental significativo.

Estos pueden ser:

1. Condiciones materiales.
2. Condiciones estructurales.(tupiciones, derrames, filtraciones, techos, paredes, puertas y ventanas)
3. Condiciones ambientales laborales. (Iluminación, ventilación, ruido, vibraciones)
4. Generación de residuales líquidos.
5. Generación de desechos sólidos (DS Generales, DS Peligrosos)
6. Emisiones de gases y partículas.
7. Vectores.
8. Condiciones higiénico sanitarias.
9. Condiciones y medios de PHT.
10. Documentación.
11. Cumplimiento de otros aspectos relacionados con normas y exigencias de la calidad.

Se realiza una matriz con las áreas de la organización evaluando los aspectos ambientales y se determinan las áreas más comprometidas con el medio ambiente y los aspectos ambientales que generan impactos ambientales significativos.

Tabla. 1. Ejemplo de elaboración de la matriz para la identificación de las áreas de mayor relación aspecto/impacto □

Áreas de actividad o proceso	Recursos			Emisiones				Materiales peligrosos		Accidentes
	Materia prima	Agua	Energía	Aire	Agua	Suelo	Ruido	Residuos		
Área 1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1
Área 2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Área 3	2	2	2	3	2	1	2	3	2	2
Área 4	2	2	2	3	2	1	2	3	2	2
Área 5	1	2	3	3	3	2	2	2	3	3
Área 6	1	1	2	3	2	2	2	2	3	2
Área 7	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1
TOTAL	12	12	14	17	14	11	18	14	16	12
Importancia baja 1, Importancia media 2, Importancia alta 3.										
Adaptado de la Guía Implementación de la Norma NTC ISO 14001, ICONTEC, Colombia. 1998.										

Se determina el área de más significación desde el punto de vista ambiental y el aspecto de mayor importancia para relacionar aspecto/impacto a tener en cuenta en los pasos siguientes de la REMA.

El ordenamiento anterior permite a la organización determinar cuáles son las áreas que se deben tomar en consideración y qué se debe evaluar detalladamente en cada una de ellas. Los niveles de importancia podrían calificarse como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2. clasificación de los niveles de importancia

Nivel de Importancia	Valor del Parámetro	Potencial de Riesgo	Impactos Ambientales	Exigencias de las partes interesadas
Baja 1	No existe o se presenta en pequeña cantidad	Ninguno	No	No se manifiestan
Media 2	Existe por debajo del valor límite y en cantidades moderadas	Medio	Limitados	Son reconocibles
Alta 3	Existe por encima o en la zona del valor límite en grandes cantidades	Alto	Importantes	Se manifiestan

En el análisis de los aspectos ambientales que tienen o pueden tener impactos significativos hay que tomar en consideración que este proceso no es un fin en sí mismo, sino que se debe concretar sistemáticamente al final de cada paso dentro del análisis de los aspectos ambientales, la acción que se va a tomar y la prioridad para su ejecución, determinando qué medida de mitigación adoptar.

IV. Revisión y evaluación las principales materias primas y recursos naturales

En los principales procesos productivos y/o de servicios que se realizan en la instalación se consumen por lo general los siguientes recursos:

Combustibles (líquidos, sólidos y gaseosos).

- Energía eléctrica.
- Agua potable.
- Refrigerantes.
- Materia prima principal y auxiliar.

Combustibles (líquidos, gaseosos y sólidos)

Todo consumo energético (entiéndase energía eléctrica y combustible) comporta unos impactos medioambientales, desde la perspectiva de la producción, transporte, almacenaje y consumo final. Estos impactos se incrementan a medida que se consuma más energía. Las actividades o servicios que se prestan en las instalaciones, por el hecho de consumir energía también son fuentes de contaminación.

Por lo tanto es necesario un estudio detenido de los tipos de energía que se consumen en una empresa y operar consecuentemente en dirección a disminuirla. Trabajando en este sentido también se logra disminuir considerablemente la aportación de emisiones contaminantes a la atmósfera y por lo tanto se reduce el impacto ambiental de esto.

En este apartado se realiza la determinación y caracterización de cada tipo de combustible que se utiliza en la institución. Evaluación del consumo. Índices de consumo. Comparación anual del consumo.

Líquidos. Fuel oil, crudo cubano, diesel oil, mezcla fuel-diesel, gasolina y keroseno.

- Tipo de combustible.
- Características físico-química fundamentales: C, H, O, N, S, W, A, valor calórico, densidad.
- Características peligrosas. (explosividad, inflamable, tóxico, nocivo, etc.).
- Evaluación del consumo: año anterior y año en curso. Plan, real, tanto por ciento de cumplimiento. Índice de consumo.
- Uso, almacenamiento, bombeo, sistema de calentamiento y sistema de ablandamiento de agua (si cuentan con calderas).

Gaseosos. GLP (propano 30 %, 40-45 % butano; el resto, pentano e hidrocarburos insaturados). Gas natural (metano 86 %, butano 2,4 %, C₂H₄ 7,6 %, N₂ 3 %, propano 7 %).

- Tipo de combustible.
- Característica físico-química fundamentales: valor calórico, densidad.
- Características peligrosas (explosividad, inflamable, tóxico, etc.).

- Evaluación del consumo: año anterior y año en curso. Plan, real, tanto por ciento de cumplimiento. Índice de consumo.
- Uso, transportación y almacenamiento.

Sólidos. Carbón vegetal, leña (húmeda y seca), carbón, petcoke, antracita, biomasa cañera, aserrín de madera, otros.

- Tipo de combustible.
- Características físico-químicas fundamentales: C, H, O, N, S, W, A, valor calórico, densidad.
- Características peligrosas (explosividad, inflamable, tóxico, etc.).
- Evaluación del consumo: año anterior y año en curso. Plan, real, tanto por ciento de cumplimiento. Índice de consumo.
- Uso, transportación y almacenamiento.

Energía eléctrica

En este apartado se determina y se evalúa el consumo de electricidad de la instalación, se realiza una comparación de los últimos doce meses (tablas, gráficos, etc.).

- Sistema eléctrico: recepción, transformación y distribución.
- Potencia instalada: relación de equipos de mayor consumo de energía eléctrica.
- Evaluación del consumo eléctrico. Índice de consumo. Año anterior y en curso.
- Medidas del PAEC.
- Plan de ahorro de portadores energéticos.

Agua potable. En este apartado se determina y se evalúa el consumo de agua de la instalación y se realiza una comparación de los últimos doce meses (tablas, gráficos, etc.). Se realiza la caracterización físico-químico-bacteriológica del agua potable (a consideración).

- Descripción del sistema de recepción, almacenaje y distribución del agua potable. Fuente de abasto.
- Consumo. Índice de consumo. Uso humano e industrial. Balance aproximado del agua que entra y sale de la empresa. Gráfico comparativo de consumo de agua año anterior y año en curso. Evaluación del consumo (plan, real, tanto por ciento de cumplimiento, índice de consumo).

Cumplimiento de NC: 93-03. Requisitos higiénico-sanitarios. Tanque de almacenamiento y estación de bombeo.

Si no se cumplen los criterios de calidad del agua indicados, se pueden realizar tratamientos generales a fin de lograr los valores deseados según las NC de agua potable.

Algunos requisitos higiénicos sanitarios necesarios a cumplir para el agua potable son:

1. Los tanques de abastecimiento de agua serán impermeables, protegidos contra la entrada de insectos y roedores, resistentes a la combustión, incombustibles y capaces de soportar las presiones de diseño a que estarán sometidos; tendrán tapas con las facilidades para su inspección.
2. La entrada de agua de los tanques que trabajan por gravedad, abastecidos

directamente por el sistema público de agua, estarán provistos de válvulas flotantes u otras válvulas que eviten el derramamiento.

3. Los tanques de abastecimiento por gravedad poseerán reboso que descargarán por encima del nivel máximo de agua, situándose a 50 mm de éste.

4. Se prohíbe que sobre los tanques de abastecimiento y sobre las cisternas de agua potable pasen tuberías que manejen aguas negras o de domicilio.

5. En los trabajos de reparación y pintura de los tanques de abastecimiento de agua, no se permitirá el uso de materiales que afecten su potabilidad.

6. Serán instaladas válvulas de control en la línea de abastecimiento de agua, en los tanques, en las tuberías de distribución y contadores de agua. Estas pueden ser del tipo de globo o cuña.

Refrigerantes

En este apartado se determina y se evalúa el consumo de gases refrigerantes (SAO's); en los equipos de refrigeración de la instalación, se realiza una defecación o caracterización de los gases en dependencia del Potencial de Destrucción de la capa de Ozono (ODP).

- Descripción del sistema de refrigeración y climatización de la unidad.
- Descripción de equipos que manipulan los diferentes gases refrigerantes.
- Tipos de refrigerantes. Características según ODP, uso, almacenamiento, recuperación, destino final.

Tabla 3. Algunos de los refrigerantes más usados internacionalmente y nivel de afectación al medio ambiente

Fluido	Tipo	Vida media en años	O.D.P
R-11	CFC	60	1
R-12	CFC	130	0,95
R-113	CFC	90	0,85
R-114	CFC	200	0,70
R-22	HCFC	15	0,05
R-141b	HCFC	8	0,09
R-134a	HFC	16	0
R-152a	HFC	1,7	0

Nota: O.D.P.: Potencial de destrucción de la capa de ozono.

Materia prima principal y auxiliar

Tipo. Categoría. Procedencia. Verificación de los procedimientos que emplea la entidad en la selección de la materia prima principal. Verificación documental de la inspección sanitaria. Verificación de los procedimientos (instrucciones del puesto de trabajo, documentación regulatoria y procedimientos) que emplea la entidad en transporte, cuidado y control de enfermedades, tipo, frecuencia y cumplimiento de las medidas dejadas por los órganos reguladores, control de cargas contaminadas y/o enfermas, verificación de los procedimientos con la carga decomisada, tipos de conservadores químicos (cuales se usan y qué normas y/o regulaciones lo certifican), condiciones higiénico-sanitarias de los

locales de preparación de la materia prima principal, así como de los trabajadores que en estos locales laboran, medios de PHT.

V. Evaluación de los principales focos de contaminación latentes y potenciales en las instalaciones productivas y/o servicios

- Residuales líquidos (aguas residuales). Caracterización físico-química y bacteriológica de los residuales. Tipo de tratamiento, eficiencia del sistema, evaluación.
- Residuales sólidos. Desechos sólidos inorgánicos (basura). Evaluación de almacenamiento, tratamiento y disposición final.
- Desechos sólidos orgánicos susceptibles a la putrefacción. Evaluación de almacenamiento, tratamiento y disposición final.
- Desechos peligrosos (nucleares, radioactivos, químico-tóxicos, biológicos, etc.). Evaluación de almacenamiento, tratamiento y disposición final.
- Residuales gaseosos. Emisiones de gases residuales. Evaluación y caracterización.
- Contaminantes sónicos y lumínicos. Determinación de los niveles de ruido y de iluminación.
- Productos químico-tóxicos y desechos peligrosos.
- Contaminantes de los suelos.
- Regulaciones ambientales de los productos terminados (control de la calidad).

Aguas residuales

En este apartado se determina y se evalúa el gasto de residuales líquidos de la instalación. Se realiza la caracterización físico-químico-bacteriológica de los residuales líquidos. Se evalúa el sistema de tratamiento de residuales determinando la eficiencia del sistema.

- Tipo de sistema de tratamiento de residuales líquidos. Descripción.
- Caracterización. NC 27: 1999 de vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado.
- Manejo de los residuales. Segregación (producción/generación), transportación, almacenamiento, uso, recolección, tratamiento y disposición final.
- Contaminación de aguas superficiales o subterráneas.

Desechos inorgánicos sólidos

- Fuentes. Tipos. Cantidad.
- Manejo. Segregación (producción y/o generación), transportación, almacenamiento, uso, recolección, tratamiento y disposición final. Evaluación de almacenamiento, tratamiento y disposición final. Cumplimiento NC 133, 134, 135: 2002.

Se tienen en cuenta los requisitos higiénicos generales del tratamiento y disposición final de desechos sólidos; estos son:

- El sistema de tratamiento de los residuos sólidos y su disposición final será aprobado por autoridades sanitarias competentes de la localidad.
- En los lugares de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos se prohibirá la recuperación manual.
- No se permitirá el lanzamiento de desechos sólidos a las masas de agua naturales, ya sea directamente o mediante embarcaciones.

- Los vertederos a cielo abierto serán debidamente autorizados por las autoridades sanitarias competentes, cumpliendo los requisitos sanitarios y de mínima contaminación al entorno. Se realizarán periódicamente controles higiénico-sanitarios con vistas a eliminar vectores y roedores.
- Serán separados los residuos sólidos de la construcción para emplearlos como material de relleno.
- Los desechos sólidos serán clasificados por su tipo, según su naturaleza, para el tratamiento adecuado; se dividen en orgánicos e inorgánicos.
- La incineración se llevará a cabo en hornos crematorios diseñados con este fin. El proceso de incineración se desarrollará cumpliendo las medidas de protección del medio ambiente que eviten la expulsión de partículas y de gases tóxicos a la atmósfera.
- Los hornos crematorios serán objeto de inspecciones periódicas.
- La disposición final de escombros, muebles o utensilios desechados y el resultado de podas se realizará solamente en aquellos sitios en que la autoridad local lo autorice.

Desechos orgánicos susceptibles a la putrefacción

Evaluación de almacenamiento, tratamiento y disposición final. Cumplimiento NC 133, 134, 135: 2002. Todo consumo humano desde la perspectiva de producción y consumo genera cierta cantidad de desperdicios susceptibles a la putrefacción. Estos, cuyos constituyentes fundamentales van desde las viandas, legumbres o frutas hasta restos de grasa, carnes, etc., sufren por sus características un proceso de descomposición donde se liberan olores extremadamente molestos para el hombre, y son una importante fuente de orientación para determinados vectores transmisores de enfermedades (moscas, cucarachas y roedores), que de no ser combatidos a tiempo pudieran invadir otras áreas. Es por ello que los desechos de esta característica serán objeto de control sanitario para evitar afectaciones del medio ambiente, consistentes en la procreación de vectores transmisores de enfermedades, malos olores y otras molestias.

Requisitos de almacenamiento y recolección

1. Los desechos sólidos que sean susceptibles de sufrir procesos de putrefacción parcial o total se almacenarán en recipientes, los cuales no serán destinados a otros usos y cumplirán los requisitos siguientes:

- Estar libres de agujeros.
- Tener una tapa ajustada.
- Poseer agarraderas.

2. Los desechos sólidos que contengan líquidos se escurrirán previamente antes de depositarse en los recipientes.

3. Los recipientes destinados a la recolección de desechos sólidos orgánicos o desperdicios para alimentación animal, se mantendrán tapados y limpios mientras no se usen; serán lavados y desgrasados periódicamente. Además, se mantendrán en casetas o locales cerrados, no accesibles a vectores o roedores y otros animales.

Nota: Se considera que en las instalaciones industriales o de servicios para más de ciento cincuenta personas o en instalaciones de alojamiento para más de cincuenta habitaciones los desechos sólidos orgánicos serán almacenados en cuartos refrigerados.

Desechos peligrosos (nucleares, radioactivos, químico-tóxicos, biológicos, etc.): Evaluación de almacenamiento, tratamiento y disposición final.

Cumplimiento NC 133, 134, 135: 2002.

Cumplimiento de la Resolución 87/99. En este apartado se revisa todo lo referente a la caracterización (identificación) de los DP, su clasificación, tipo de tratamiento, eficiencia del sistema de tratamiento, plan de manejo, disposición final, permisos, licencias ambientales, toda la documentación y los procedimientos de actuación con cada uno de los diferentes tipos de DP.

Cumplimiento de la legislación ambiental vigente sobre los DP.

Emisiones de gases residuales. Evaluación y caracterización

- Fuentes. Volumen de gases (ton./a)
- Caracterización. Determinación de los volúmenes de gases de combustión, las cantidades de CO₂, SO_x, y NO_x (ton./a).
- Sistemas de depuración. (Electrofiltros. Sistemas de baterías de ciclones separadores y captadores de partículas sólidas, etc.).

En este apartado se determina el aporte de los gases de combustión: V⁰gc, CO₂, SO_x y NO_x.

Teniendo en cuenta la metodología presentada en el *Curso de ahorro de energía en instalaciones de calefacción y combustión*, editado por Generalitat Valencia, España en 1999, podemos realizar los cálculos con un margen de error de hasta un 10 % permisible para cálculos ingenieriles.

Datos de interés para los cálculos de los gases:

Coeficiente de exceso de aire (α).

Para la determinación del coeficiente de exceso de aire (α) resulta necesario conocer la composición de los gases de combustión.

$(\alpha) = 21 / (21 - O_2)$ ó $\alpha = RO_2 \text{ Max.} / RO_2$ ó $\alpha = CO_2 \text{ Max.} / CO_2$. □

Tabla 4. Relación combustible-CO₂ Máx. □

Combustible	CO₂ Máx. (%)
Fuel oil	16,4
Diesel	16,0
GLP	12,0
Carbón vegetal	19,16
Leña	19,4

Normalmente, para distintos tipos de combustibles, el (α) se encuentra entre los rangos siguientes:

Sólidos: 1,15-1,25

Líquidos: 1,03-1,10

Gaseosos: 1,05-1,10

Para determinar visualmente el porcentaje del CO₂ con 15 a 20 % de error y aceptable para los cálculos ingenieriles, se toman los datos en la tabla 5.

Tabla 5. Relación combustible-CO₂

Combustible	CO ₂ (%)				
	MB	B	R	M	MM
Fuel oil	16	14,09	8,97	6,99	4,63
Diesel	15,62	13,32	11,78	9,10	7,95
GLP	11,98	10,54	9,11	7,67	6,24
Carbón vegetal	18,6	16,56	13,8	10,25	8,74
Leña	18,97	17,01	12,76	10,15	8,21

Tabla 6. Factores de conversión para relacionar los portadores energéticos en ton de CE (2002 y 2003, Dirección Provincial del MEP, Cienfuegos) □

Portador energético	LTS/ton.CE 2002	ton./ton. CE 2002	LTS/ton. CE 2003	ton./ton. CE 2003
Electricidad (MW)	-	0,35718	-	0,356294
Crudo nacional	1055,33	0,8903	1173,86	0,9903
Fuel oil	1010,10	0,9903	1010,10	0,9903
Diesel	1179,52	1,0534	1179,52	1,0534
Gasolina				
Regular	1354,10	1,0971	1354,10	1,0971
Especial	1357,59	1,0971	1357,59	1,0971
GLP	1025,90	1,1631	1028,60	1,1690
Carbón vegetal	-	0,7379	-	0,76
Leña	-	0,3592	-	0,3592
Bagazo	-	0,2330	-	0,24
Coke	-	0,7870	-	0,7874

1 kWh: 359,784 g FO.

1 ton. gasolina: 1,11078 ton. FO. □

Tabla 7. Composición elemental de los combustibles para los cálculos según la metodología del curso Generalitat Valencia □

Combustible	Densidad	C	H	O	N	S
	kg/m ³	%	%	%	%	%
Fuel oil	969,3	84,60	9,70	2,00	1,00	2,70
Gas oil (diesel)	859,2	86,00	11,1	2,10	0,00	0,80
Gas natural	560,0	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	N ₂
		86,00	7,6	2,4	1,00	3,00
GLP	525,0	1-5	65-75	35-38	Trazas	Trazas

Los cálculos de las emisiones se pueden realizar con un valor muy aproximado, ya que la combustión del fuel oil, el diesel y el gas es aproximadamente completa. Cosa diferente sucedería con los combustibles sólidos (carbón, petcoke, bagazo, etc.), por lo que no se incluye en este trabajo.

En la tabla 8 se muestran los datos para el cálculo de las emisiones gaseosas, según Curso de ahorro de energía en instalaciones de calefacción y combustión, editado por Generalitat Valencia, España en 1999.

Tabla 8. Análisis de la combustión completa del combustible□

Combustible	Calidad de la Combustión	CO ₂	SO ₂	Vgc totales	Vgc totales	Coeficiente de exceso de aire	Densidad
		kg/kgc	kg/kgc	kg/kgc	m ³ N/kgc		
Fuel oil	Excelente	3,10	0,05	14,80	11,29	1,05	1,311
	Muy buena	3,10	0,05	16,69	12,75	1,19	1,309
	Buena	3,10	0,05	19,22	14,71	1,38	1,306
	Regular	3,10	0,05	22,76	17,47	1,65	1,303
	Mala	3,10	0,05	28,10	21,61	2,06	1,300
Diesel	Excelente	3,15	0,02	13,59	11,81	1,05	1,303
	Muy buena	3,15	0,02	17,35	13,33	1,19	1,301
	Buena	3,15	0,02	19,96	15,36	1,38	1,299
	Regular	3,15	0,02	23,64	18,22	1,65	1,298
	Mala	3,15	0,02	29,18	22,52	2,05	1,296
Gas (Gas natural y GLP)	Excelente	2,21	0,00	14,83	11,95	1,05	1,241
	Muy buena	2,21	0,00	16,66	13,37	1,18	1,246
	Buena	2,21	0,00	19,10	15,27	1,36	1,251
	Regular	2,21	0,00	22,53	17,93	1,62	1,257
	Mala	2,21	0,00	27,70	21,94	2,01	1,262

Aporte de NOx

Para la medición del NOx se recomienda utilizar el método de los tubos indicadores, donde se hace pasar un volumen de gas de combustión con una velocidad dada a través de columnas con indicadores de permanganato de potasio que reacciona con el NO₂ y no con el NO. Utilizar la metodología según lo recomienda la literatura, calcular el tanto por ciento de NOx y comparar con las concentraciones máximas permisibles. De no contar con el equipamiento requerido para las mediciones se calcula hasta con 25 % de error, donde 0,13 kg de NOx se corresponden con cada 106 kJ de energía producto de la combustión.

$M_{NOx} = 0,13 \text{ Kg NOx} / 106 \text{ kJ}$ o $M_{NOx} = 244 Nt + 200,5 Nt [(\alpha - 1) : \alpha] 0,4$
(mg NOx/ m³R). Donde:

MNOX: Masa de NOX combustible formado como resultado de la reacción del oxígeno del aire de combustión y el nitrógeno contenido en el combustible (Kg / Kg comb) o (mg NOx/ m³R).

Nt: Contenido de nitrógeno del combustible en tanto por ciento.

α : Coeficiente de exceso de aire.

Cálculo para el aporte de volumen de gases de combustión

Teniendo en cuenta las relaciones estequiométricas se determina el volumen de aire y de gases de combustión.

Volumen teórico de aire:

$$V0a = 0,0889 Ct + 0,265 Ht - 0,0333 (Ot - St) \text{ (m}^3 \text{ N/ kg combustible)}$$

Volumen real de aire:

$$VRa = V0a \alpha \text{ (m}^3 \text{ N/ Kg comb)}$$

El volumen de gases de combustión se obtienen a partir de 1 kg de combustible con

$\alpha = 1$ y se calcula como:

$$V0g = V0RO2 + V0N2 + V0H2O \text{ (m}^3 \text{ N/ kg combustible)}$$

$$V0RO2 = 0,01866 (Ct + 0,375 St) \text{ (m}^3 \text{ N/ kg combustible)}$$

$$V0N2 = 0,79 V0a + 0,0078 Nt \text{ (m}^3 \text{ N/ kg combustible)}$$

$$V0H2O = 0,111 Ht + 0,0124 Wt + 0,0161 V0a \text{ (m}^3 \text{ N/ kg combustible)}$$

El volumen de real de los gases de combustión de 1 kg de combustible, es decir

para α mayor que 1, se determina como:

$$VRg = V0g + 1,0161 (\alpha - 1) V0a \text{ (m}^3 \text{ N/ kg comb) Normales}$$

$$VRgR = VRg \times \% \text{ Cap} \times Bc \times Tgc / 273 \text{ (m}^3 \text{ R/ s) Reales}$$

Donde: Tgc temperatura de salida de los gases de combustión.

$$Tgc = (273 + Tgc \text{ en } 0C) / 273$$

Porcentaje de capacidad: Capacidad de la instalación que producen los gases de combustión.

Calderas entre 85 % y 90 %.

MCI entre 90 % y 95 %.

Otros entre 80 % y 90 %.

Para convertir de m³ N a m³ R se tiene en cuenta la temperatura real de los gases de salida de combustión y la densidad de estos (α).

$$p_{gc} = 1,28 / 1 + (273 + Tgc) / 273 \text{ (kg gc/ m}^3 \text{ R)}$$

Para la conversión a ton al año de los diferentes tipos de contaminantes se realiza de la siguiente forma:

$$VRgR = (m^3 \text{ R/ s}) \times p_{gc} \text{ (kg gc/ m}^3 \text{ R)} \Rightarrow \text{kg gc/s} \Rightarrow \text{ton./a}$$

$$M_{SO2} = (g/s) (s/a) \Rightarrow \text{ton./a}$$

$$M_{CO2} = (Kg CO2 / kgcomb) (Kgcomb/a) \Rightarrow \text{ton/a}$$

$M_{NOx} = (mg NOx / m^3R) \Rightarrow$ si en 1 m³R hay Y mg de NOX: entonces en X m³R se determina por regla de tres los mg de NOX y se lleva a ton/a.

En la determinación de los costos ambientales Externos se toma en cuenta los costos de una tonelada de gases: (Borroto. UCf. 1999).

1 ton. de CO₂ ⇒31,61 USD

1 ton. de SO₂ ⇒9101,5 USD

1 ton. de NO_x ⇒1395,20 USD □

Contaminantes sónicos

Determinación de los niveles de ruido de las instalaciones. Utilización del Sonómetro. Evaluación según las NC 19-01-04. Ruido. Requisitos higiénico-sanitarios, y la NC 26: 1999. Ruido en zonas habitables.

Las ondas del sonido son fluctuaciones en la presión del aire. Si son audibles para al oído humano se trata de sonido audible. Las fluctuaciones de presión que se producen con el sonido audible son muy bajas.

El máximo nivel sonoro (percentil 99) no excederá los 80 dB (A), medidos en régimen rápido. Los niveles de ruido máximo en locales de trabajo y límites máximos de niveles de ruido establecidos para los vehículos, se encuentran en las tablas 9 y 10 respectivamente de los anexos.

Tabla 9. Ejemplos de niveles de ruidos: (MINSAP. 1990. CPHE. Cienfuegos)

No.	Fuente de ruidos	dB	mPa
1.	Crujido de una hoja	10	20 - 200
2.	Susurro	20	20 000
3.	Hablando normalmente	60	20 000
4.	Tráfico intenso	80	200 000
5.	Grito alto	90	-
6.	Ronquido	92	-
7.	Concierto de rock	110	-
8.	Taladradora	115	20 x 10 ⁶
9.	Compresor de aire	118	-
10.	Despegue de un avión	130	-
11.	Chillido	120	-
12.	Disparo	140	-
13.	Muerte	150 -200	200 x 10 ⁶

Consejos de mediciones de ruido

1. A campo libre: Las condiciones de medición son ideales si no hay obstáculos que interfieran en el campo del sonido.

2. A campo de reverberación: En un espacio cerrado habitualmente hay una pared opuesta a la fuente del ruido. Esto refleja un distorcionamiento del resultado medido.

3. Se recomienda sujetar el instrumento a por lo menos 30 cm, mejor incluso 50 cm de su cuerpo.

Contaminante lumínico

Determinación de la intensidad de la luz de las instalaciones. Utilización del Luxómetro. Evaluación según las NC 19-01-11:81 Sistema de Normas de Protección e Higiene del Trabajo. Iluminación. Requisitos generales higiénico-

sanitarios y la NC 19-01-19:88 Sistema de Normas de Protección e Higiene del Trabajo. Iluminación de emergencia. Clasificación y requisitos generales.

Tabla 10. Ejemplos de Intensidad de la Luz.

Equipos de medición TESTO. Norma Alemana DIN 5565. Alemania. 1999.

No.	Fuente de ruidos	lx
1	Día soleado de verano al aire libre	100 000
2	Cielo nublado en verano	20 000
3	Día soleado de invierno al aire libre	10 000
4	Día sombrío de invierno	3 000
5	Buena iluminación en un lugar de trabajo de precisión	1 000
6	Trabajo de tareas simples	100-250
7	Buena iluminación diaria	40

VI. Identificación de los productos químicos tóxicos y desechos peligrosos

Se tienen en cuenta todos los productos químicos y desechos que genera la entidad, clasificando los PQT y DP según las consideraciones establecidas por: la Resolución No. 159/95, la Resolución No. 87/99 y la Resolución No. 65/99, todas del CITMA. Se identifica el estado del ciclo de vida en que se encuentran estos PQT y DP (producción, generación, importación y/o exportación, transportación, almacenamiento, uso, recolección, tratamiento y disposición final). Fuentes. Plan de Manejo.

Identificación y revisión de los principales problemas existentes a lo largo del ciclo de vida.

En la revisión se tiene en cuenta los principales problemas asociados a la producción, generación, importación y/o exportación, transportación, almacenamiento, uso, recolección, tratamiento y disposición final, según el estado del ciclo de vida del PQT y el DP identificado, la existencia de una concentración sectorial de problemas con los PQT y los DP, las razones que lo provocan, la cobertura de información existente para apoyar la actividad de gestión y manejo de los PQT y los DP, el conocimiento de la legislación ambiental vigente y las normativas de manejo para ambos componentes, el nivel de cumplimiento de los cuerpos legales y normativos existentes, las causas de su incumplimiento, etcétera.

Contaminantes de los suelos

Fuente de contaminación. Tipos de contaminantes. Afectaciones del suelo. Cumplimiento de las normas de calidad de suelos. Conocimiento de la Legislación Ambiental vigente y las normativas de manejo de suelos contaminados.

Regulaciones ambientales de los productos terminados (Control de calidad)

Para realizar el control de la calidad se debe evaluar el cumplimiento de las normas y exigencias de la calidad, según lo establecido por el Ministerio ramal.

Tener conocimiento de la legislación ambiental vigente y las normativas de manejo: Producción, almacenamiento, transportación y destino final.

Identificación de las acciones impactantes y los factores impactados

Para la evaluación de los impactos ambientales usualmente se utilizan métodos evaluativos matriciales (matrices del tipo causa-efecto). Entre las más conocidas están las que se usan en los métodos del CNYRPAB, Bereamo, Sorensen, del Banco Mundial, Holmes, Batelle-Coumbus, Leopold, etc. Para llegar a la EIA se tienen en cuenta las acciones impactantes, que son aquellas susceptibles de producir impactos, tanto durante las etapas de construcción o instalación como en las etapas de explotación o de funcionamiento.

Para la identificación de las acciones se deben diferenciar los elementos del proyecto, del servicio o de la producción que realiza una entidad, atendiendo a las acciones siguientes:

- Acciones que modifican al suelo: Por nuevas ocupaciones y/o por desplazamiento de la población.
- Las que implican emisión de contaminantes a la atmósfera, a las aguas terrestres o marinas, al suelo y en forma de residuos sólidos.
- Auellas derivadas del almacenamiento de residuos: dentro del núcleo de la actividad, transporte, vertederos, y almacenes especiales.
- Acciones que implican sobreexplotación de recursos: materias primas, consumos energéticos y consumo del agua.
- Las que implican subexplotación de recursos agropecuarios y faunísticos.
- Acciones que actúan sobre el medio biótico: emigración, disminución y aniquilación.
- Las que dan lugar al deterioro del paisaje: topografía y suelo, vegetación, agua, naturalidad y singularidad.
- Acciones que repercuten sobre las infraestructuras.
- Esas que modifican el entorno social, económico y cultural.
- Las derivadas del incumplimiento de la normativa medioambiental vigente y toda la LAV.

Los factores ambientales del entorno susceptibles de recibir impactos pertenecen a los sistemas medio físico y medio socioeconómico.

Dentro del medio físico se encuentran los siguientes subsistemas: medio inerte, medio biótico y medio perceptual.

El medio socioeconómico incluye los siguientes subsistemas: medio rural, medio de núcleos habitacionales y medio económico y sociocultural.

Medio físico

Medio inerte o abiótico

- Aire.
- Agua.
- Clima.
- Tierra y suelo.

Medio biótico

- Flora y fauna.

Medio perceptual

- Paisaje.
- Componentes singulares.
- Valor testimonial.
- Recursos científico culturales.

Medio socio económico**Medio rural**

- Recreativo al aire libre.
- Productivo.
- Conservación de la naturaleza.

Medio de núcleos habitacionales

- Estructura de los núcleos.
- Servicios colectivos.
- Infraestructura y servicios.

Medio sociocultural

- Aspectos culturales.
- Servicios colectivos.
- Aspectos humanos.
- Patrimonio histórico y artístico.

Medio económico

- Economía y población.

VII. Descripción y evaluación de los impactos ambientales

Una vez identificados las acciones impactantes y los factores impactados y teniendo en cuenta los resultados de la matriz de relación aspecto/impacto por las áreas de la entidad y/o en el proyecto de obra se describen los impactos ambientales significativos que se generan del servicio o producción. Para la evaluación se toma como método la matriz de Leopold, que permite una evaluación considerando criterios ambientales, lo cual se encuentra en la Guía metodológica de evaluación de impacto ambiental de Conesa y otros autores (España, 1992).

Tabla 11. Matriz de importancia de Leopold

<p>Naturaleza Impacto beneficioso (+) Impacto perjudicial (-)</p>	<p>Intensidad (I) Baja 1 Media 2 Alta 4 Muy Alta 8 Total 12</p>
<p>Extensión (E) Puntual 1 Parcial 2 Extenso 4 Total 8 Crítica + (4)</p>	<p>Momento (MO) Largo plazo 1 Medio Plazo 2 Inmediato 4 Crítico +(4)</p>

Persistencia (PE) Fugaz 1 Temporal 2 Permanente 4	Reversibilidad (RV) Corto Plazo 1 Medio Plazo 2 Irreversible 4
Sinergia (SI) Sin sinergismo 1 Sinérgico 2 Muy sinérgico 4	Acumulación (AC) Simple 1 Acumulativo 4
Efecto (EF) Indirecto 1 Directo 4	Periodicidad (PR) Irregular o aperiódico y discontinuo Periódico 2 Continuo 4
Recuperabilidad (MC) Recuperable de manera inmediata 1 Recuperable a mediano plazo 2 Mitigable 4 Irrecuperable 8	Importancia (Imp) $\text{Imp} = \pm (3 I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$

La importancia del Impacto Ambiental toma los valores entre 13 y 100 puntos. Los impactos con valores menores de 25 se clasifican como: Despreciables, entre 25 y 50: Moderados, entre 50 y 75: Severos y mayores de 75: Críticos.

VIII. Establecer las medidas de mitigación de los impactos ambientales significativos

Como resultado de la EIA se establecen las medidas de mitigación que deben ser definidas para los casos de proyectos nuevos como:

- **Medidas preventivas:** Conforman el grupo de medidas tomadas en la fase de localización y diseño del proyecto, y están encaminadas a prevenir y disminuir la frecuencia y magnitud de las influencias negativas en el entorno. Esta disminución se logra limitando la intensidad de la acción que lo provoca.

- **Medidas correctoras:** Medidas que mitiguen los efectos derivados de la actividad contemplada, teniendo en cuenta, que dichas medidas no tengan repercusiones negativas en el entorno.

Cuando se realiza una entidad productora de bienes y servicios se establecen las medidas de mitigación, que deben ser definidas como:

- **Medidas internas:** Uso eficiente de recursos naturales. Manejo adecuado de los residuales generados por la entidad y control de los focos latentes y potenciales de contaminación. Educación y capacitación de los recursos humanos, etcétera.

- **Medidas de modificaciones del proceso productivo o actividades de servicios que realice la organización:** Medidas que conllevan cambios tecnológicos, del proceso o del servicio, y las que requieran de sustitución de materiales...

- **Medidas de aprovechamiento económico de los residuales.**

- **Medidas que se relacionan con las buenas prácticas de manejo y**

operación: Medidas que involucran a todo el personal, PHT, seguridad, salud, planes de contingencias y de emergencias, y otras.

IX. Fase de elaboración de informe

Se presenta el informe con las respectivas conclusiones y recomendaciones. El equipo de especialistas elaborará un informe final que incluirá:

- Evaluación de los problemas ambientales (identificación y evaluación de los impactos negativos).
- Cumplimiento de planes, legislación, documentos normativos y política ambiental.
- Conclusiones.
- Recomendaciones (medidas de mitigación de los impactos ambientales MA).
- Recomendaciones de investigación.

Consideraciones generales de la REMA

La entidad estará sometida periódicamente a inspecciones y controles externos de las instancias superiores, del Ministerio ramal, de las inspecciones ambientales estatales realizadas por la UPS (UMA) del CITMA, según lo dispuesto en la Ley No. 81 del MA, Capítulo VI y la Resolución 130/95 de este organismo; está obligada a facilitar la información debidamente actualizada posibilitando el diagnóstico de la situación ambiental y, en general el desarrollo de inspecciones o controles medio ambientales.

La REMA debe tener un apoyo total de la dirección o gerencia de la entidad, de la misma forma el grupo responsable de la gestión y de la revisión ambiental deben depender directamente de la alta dirección con el visto bueno de su Consejo Técnico Asesor.

La realización de la REMA debe estar motivada por:

- Conocimiento Gerencial de las responsabilidades ambientales.
- Ahorro en el uso de materias primas y en la disminución de desperdicios y/o residuales.
- Compromiso Gerencial de ayudar a los operadores en el manejo ambiental de las instalaciones.
- Anticipo de los problemas ambientales (carácter preventivo).
- Compromiso de corregir un problema ambiental detectado (carácter correctivo).

En cualesquiera de los eventos anteriores, la realización de un proceso de revisión ambiental debe ser ordenado y apoyado por el Grupo Gerencial de la instalación.

En el análisis de los resultados, una vez realizadas las visitas de campo, se deben proceder a tres instancias:

1. Análisis a nivel del equipo de trabajo de la REMA.
2. Con los operadores y/o trabajadores de la instalación.
3. A nivel del grupo Gerencial, que incluye al CTA y al Consejo de Dirección.

Bibliografía

- Betancourt Pineda, L. Auditoría energético-ambiental hotel Faro Luna. «*Metodología para la AMA en instalaciones turísticas*». Tesis de opción Máster en Ciencias Técnicas. UCf. Cienfuegos. 1997. Inédito.
- Betancourt Pineda, L. y M. Gallardo Fernández. Manual para la organización de la actividad de gestión tecnológica. Delegación CITMA, Cienfuegos. 1998. Inédito.
- Borroto Nordelo, A. y A. J. Borroto Bermúdez. Los sistemas energéticos y los costos ambientales CEEMA. Universidad de Cienfuegos. 1999.
- Breijo Martínez, Eugenio (compilador). Dosimetría y protección radiológica, 1989 «*Combustión, análisis de gases. Analizador Orsay*». Curso de ahorro de energía en instalaciones de calefacción y combustión. Generalitat. Valencia. España. Conesa Fernández V. 2 ed. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental/ V. Conesa Fernández. Madrid: Editora Mundi Presa. 1995.
- Cuba. Gaceta Oficial de la República de Cuba. «*Ley No 81 del Medio Ambiente*». Habana. julio 1997.
- Cuba. Gaceta Oficial de la República de Cuba. «*Resolución 8/2000. Reglamento General de Seguridad Biológica para las instalaciones en las que se manipulan agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de estos con información genética*». enero 2000
- Cuba. Gaceta Oficial de la República de Cuba. «*Resolución Conjunta CITMA – MINSAP. Reglamento: Normas básicas de Seguridad Radiológica*». Enero 2002.
- Cuba. Gaceta Oficial de la República de Cuba. «*Resolución 76/2000. Reglamento para el otorgamiento de las autorizaciones de seguridad biológica*». Julio 2000
- «*Decreto Ley No. 190 de la Seguridad Biológica*». CITMA. Enero 1998.
- «*Decreto No. 142/88. Reglamento para el trabajo con sustancias radioactivas y otras fuentes de radiaciones ionizantes*». MINSAP.
- Diccionario geográfico de Cienfuegos. Grupo Técnico Asesor en nombres geográficos de la provincia de Cienfuegos. 1993.
- Estevan Bolea, T. Evaluaciones de Impacto Ambiental. Cuadernos del CIFCA. Madrid (2):140 p. 1987.
- «*Estrategia Ambiental Nacional*». CITMA 1997.
- «*Estrategia Ambiental Provincial*». UMA CITMA 1998.
- Dirección de supervisión y Auditoría. «*Guía de supervisión*». CITMA. Sección 8. Seguridad Nuclear. Sección 9. Seguridad Biológica. 1ra ed. 1999.
- Comité Técnico de la Normalización de Gestión Ambiental. «*Guía para la implementación de las NC ISO 14 001*». La Habana, 2000-01-15.
- ICONTEC. «*Guía Implementación de la Norma NTC ISO 14001*», Colombia. 1998. Ley No. 13 PHT.
- «*Lineamientos básicos para la realización de los estudios de impacto ambiental*». AMA. CITMA. 1998.
- «*NC:29/99 Ruido*».
- «*NC. XX 2001 de vertimiento de aguas residuales a las costas y aguas marinas*» (No aprobada aún).
- «*NC 27: 1999 de vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado*».
- «*NC 19-01-11:81 Sistema de Normas de Protección e Higiene del Trabajo. Iluminación. Requisitos generales higiénico-sanitarios*».

«NC 19-01-19:88 Sistema de Normas de Protección e Higiene del Trabajo. Iluminación de emergencia. Clasificación y requisitos generales. NC: 33/53. GLP».

«NC: 37/99. *Atmósfera*».

«NC: 9302/85. *Agua Potable*».

«NC: 133, 134, 135 *Desechos sólidos urbanos. 2002*».

«NC:19-01-04/80. *Condiciones laborales*».

«Resolución No. 159/95. *PQT. CITMA*». Agosto 1995.

«Resolución No. 77/99 *Evaluación de Impactos Ambientales*». CITMA. febrero 1999

«Resolución No. 87/99 *Desechos Peligrosos*». CITMA. Julio 1999.

«Resolución No. 38/94 *Reglamento Organizativo. Regulación de la seguridad radiológica del radio diagnóstico médico*». MINSAP. 1994.

Rodríguez Arias A. Betancourt Pineda L. «*Estudio y caracterización de los diferentes combustibles sólidos existentes en Cuba. I Conferencia Internacional de Termoenergética Industria*»I. UCLV. Santa Clara, 1993.

Rodríguez Arias, A. D.; L. B. Rosabal y P. B Martínez. «*Teoría y práctica de los procesos de combustión. Combustibles sólidos*. Editorial Academia, La Habana 2000.

Rodríguez Arias, A. D.; L. B Rosabal, P. B Martínez y L. Betancourt Pineda. «*Algunos datos y expresiones de interés para la ingeniería de los combustibles sólidos*». Centro de Tecnologías de Combustión. EFNC. 1996.

Sarriá López, B.; Arsola de la Peña N. y A. Toledo Borrego. «*Disminución del impacto ambiental por la aplicación dual del fuel oil y meollo en las calderas de los ingenios azucareros*». 1999. UCf.

Socorro Romero, I. «*Gestión Ambiental. Manual para la dirección y organización de la producción*». MINBAS. 1998.

Evaluación de la metodología para el diseño de sistemas de extracción de gases en cocinas industriales utilizada por la empresa Emprotur S.A.

Evaluation of the Methodology for the Design of Gas Extraction Systems in Industrial Kitchens Used by Emprotur Enterprise S.A.

*G. Vilalta Alonso
Facultad de Ingeniería Mecánica,
Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER),
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), La Habana, Cuba.
Mechanical Engineering Faculty, Center of Renewable Energy Technologies (CETER),
José Antonio Echeverría Higher Polytechnic Institute (ISPJAE), Havana, Cuba.
e-mail: gvilalta@ceter.cujae.edu.cu*

*A. Pérez Bello
Estudiante de 5to. año de Ingeniería Mecánica,
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), La Habana, Cuba.
Student of the 5th year of Mechanical Engineering, José Antonio Echeverría Higher
Polytechnic Institute (ISPJAE), Havana, Cuba.*

Resumen

La extracción de gases, polvos y vapores, productos estos resultantes de determinados procesos industriales, es esencial para mantener un adecuado estado y composición del aire. La Empresa Emprotur S.A, división Casino del Río, se dedica al diseño, construcción y montaje de sistemas de extracción de gases en cocinas industriales. En el presente trabajo se realiza la evaluación de los criterios seguidos por esta Empresa para el diseño de sus sistemas, los cuales se caracterizan por la utilización simultánea de varias normas y coeficientes; los resultados se comparan con los obtenidos experimentalmente en una instalación típica si consideramos los elementos que la componen, aunque reducida en su longitud. Los resultados mostraron que al utilizar la metodología de la Empresa existe un sobredimensionamiento del ventilador, lo cual repercute negativamente desde el punto de vista económico.

Palabras clave: Sistemas de extracción de gases, metodología de diseño, pérdidas de energía.

Abstract

The extraction of gases, powders and vapors, remaining elements of certain industrial processes, is essential to maintain an appropriate air quality and composition. Emprotur Enterprise S.A., Casino del Rio Division, is a Cuban enterprise which works on the design, construction and assembly of industrial gas extraction systems. This paper deals with the evaluation of the methodology used in this enterprise for the design of its systems, characterized by the simultaneous use of several standards and coefficients, results are compared with those obtained experimentally in a typical installation, though reduced in size. Results have shown that, using this methodology, we obtain an oversized fan, resulting in a negative economic impact.

Key words: Gas extraction systems, design methodology and energy losses.

Introducción

Los procesos de producción pueden ir acompañados de la emisión de gases, vapores, polvos y calor, los que tienden a modificar el estado y la composición del aire; esto resulta nocivo para la salud y el bienestar de los trabajadores y repercute negativamente en el rendimiento laboral.

Para mantener un estado y composición del aire adecuados a las necesidades higiénico-sanitarias y de bienestar del hombre, es necesario diseñar un sistema de ventilación que extraiga eficientemente estas impurezas.

Uno de los métodos de ventilación que se utilizan para lograrlo es la llamada ventilación localizada, que se caracteriza por captar la contaminación en el lugar en que ésta se produce evitando que se propague por todo el local (Baturin, 1976). Por otro lado, desde el punto de vista económico es importante que el diseño de estos sistemas se realice racionalmente, a fin de garantizar una óptima utilización de los recursos materiales y energéticos disponibles.

El presente trabajo tiene como objetivo principal la evaluación de los criterios de diseño utilizados por la Empresa Emprotur S.A, división Casino del Río, los que se caracterizan por el uso simultáneo de diferentes normas (ASHRAE, Vent Master, Greenheck, etc.), así como la extrapolación de criterios y la utilización de coeficientes analíticos.

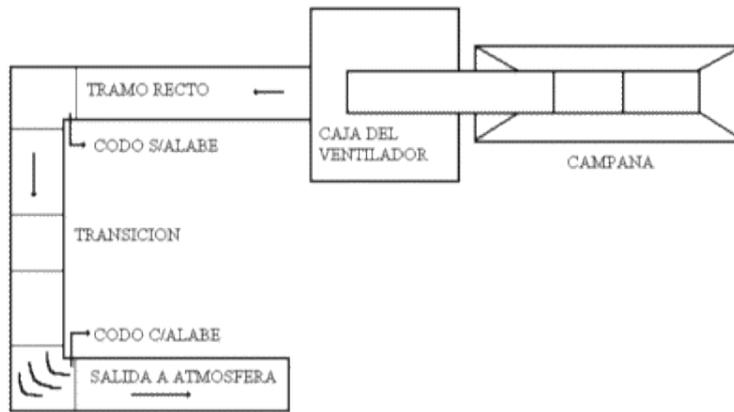
Instalación experimental

Ante la imposibilidad de realizar el estudio experimental en uno de los sistemas proyectados e instalados por la Empresa, se realizó el montaje de un sistema que, aunque reducido en cuanto a sus dimensiones y trazado, puede considerarse típico, pues presenta todos los elementos necesarios para su evaluación.

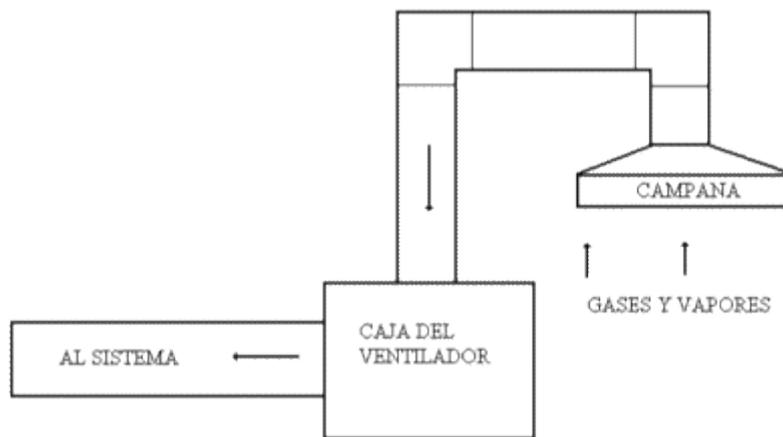
Para una mejor comprensión del trabajo, se explica a continuación, cómo funciona y los elementos que componen el sistema de extracción de gases. La cocina se ubica exactamente debajo de la campana a una distancia que oscila entre 36 y 48 pulgadas.

Durante el proceso de cocción de los alimentos los gases, vapores y calor generados son absorbidos por la campana por la acción de un ventilador. Este vaho pasa por el filtro, que retiene la grasa, y libre de ésta es expelido a la atmósfera a través del conducto.

De forma general la complejidad del sistema depende de su trazado, el cual es individualizado para cada proyecto. En la figura 1 se presenta el esquema general de la instalación experimental utilizada.



(1.a)



(1.b)

Fig. 1. Esquema del sistema de ventilación utilizado en el presente trabajo.
1a) Vista en planta. 1b) Vista lateral.

Los sistemas de extracción están compuestos de las partes siguientes: campana, filtros de grasa, accesorios (codos de diferentes ángulos con álabes directrices o sin ellos, transiciones), tramos rectos y ventilador. El sistema aquí utilizado tiene la siguiente composición y dimensiones: Campana tipo mural de gasto de 3 000 m³/h y velocidad de captación (supuesta a los efectos de diseño) de 0,5 m/s. Para el filtrado de los gases y vapores, la campana cuenta con tres filtros de grasa de 1 000 m³/h, los que se disponen en ángulo de 45°. A la salida de la campana y dispuesto en posición vertical ascendente, un conducto de sección cuadrada (0,305 x 0,305) y longitud total de 1,90 m.

En este conducto hay situados dos codos de 90° que hacen que el conducto entre en la caja del ventilador en forma vertical descendente (ver figura 1b). A la salida de la caja del ventilador se ubica un conducto recto de sección rectangular de (0,32 x 0,35) m y 3,58 m de longitud. Para formar la herradura se colocaron dos codos rectos, el primero sin álabes directrices y el segundo con álabes entre los cuales se ha situado una transición con sección transversal de entrada (0,32 x 0,35) m y (0,36 x 0,36) m de salida. La descarga se realiza libre a la atmósfera por el conducto rectangular de (0,36 x 0,36) m y L = 3,79 m.

El ventilador utilizado es de tipo centrífugo, de álabes adelantados modelo BV 33/25 con caudal máximo de 3 000 m³/h y caída de presión total de 33 mmca. El ventilador es accionado por un motor trifásico (1,8 kW de potencia, 1 740 rpm y 60 khz) a través de una transmisión directa por poleas y correas. Para más información sobre el sistema, consultar Pérez (2001).

Evaluación del sistema utilizando la metodología de la Empresa

El método utilizado es conocido como «método del coeficiente n», basado en la determinación de las presiones dinámicas y estáticas del sistema, a través de las ecuaciones:

$$P_{din} = 0,0625C^2 \quad (1)$$

$$P_{est} = nP_{din} \quad (2)$$

Donde:

C: Velocidad media del fluido.

N: Coeficiente que depende de la forma y dimensiones de cada elemento y que se selecciona de las normas ASHRAE.

En la ecuación (2) se observa que Pest es una función indirecta de la velocidad media

en la sección evaluada. Para su cálculo, inicialmente y por facilidades del diseño, se determinó la velocidad media en el conducto de descarga a la atmósfera, utilizando el método de los 26 puntos (Norma ISO 180 3966-77). Este método consiste en dividir la sección transversal en 26 puntos ubicados, los que están en una disposición que es función de las dimensiones a y b de la misma y medir la velocidad media en cada uno de los puntos. En éstos, la velocidad fue medida en un intervalo de 60 s; el propio instrumento ofrece el valor promedio de la velocidad en el tiempo de adquisición de los datos.

Con estos valores, la velocidad media se determina por la expresión:

$$C = \frac{\sum(k_i \bar{C}_i)}{\sum K_i} \quad (3)$$

Donde:

\bar{C}_i : Velocidad promedio en el punto i .

$\sum k_i$: Coeficiente que depende de la ubicación del punto i .

El término del denominador $\sum k_i$ es la sumatoria de todos los valores $\sum k_i$ y su valor es igual a 96. Para la sección en análisis el valor de la velocidad fue igual a 5,26 m/s.

Con este valor y aplicando la ecuación de continuidad se determinaron las velocidades media en todos los elementos que conforman el sistema de extracción. De la aplicación de las ecuaciones (1) y (2) para cada elemento se obtuvieron los resultados, mostrados en la tabla 1.

Observaciones a la tabla 1.

1. Los valores de n son tomados de normas diferentes: ASHRAE o del Servicio de Asesoría Soler & Palau (S&P)

2. El valor de ΔP_{est} para la campana es determinado por la expresión $\Delta P_{est} = 0,1'' + \text{pérdida en el filtro}$. Como los filtros que utiliza la Empresa no están homologados, el valor de pérdida en el filtro de la ecuación anterior se toma extrapolando los datos del filtro GF 111 Grease Filter de la firma Vent Master. El valor asumido es 9 mm.

3. Para tramos rectos el valor de n fue determinado por la expresión $n = 0,01[(a+b)/(a.b)]L$, siendo L la longitud del tramo recto y a y x los valores de largo y ancho de la sección transversal del conducto.

Tabla 1. Cálculo de la caída de presión estática por elementos del sistema

Elemento	C (m/s)	P_{din} (mmca)	n	P_{est} (mmca)
Campana	0,50	-	-	11,54
Entrada al conducto (salida campana)	7,52	3,53	0,7	2,471
Codos 900	7,52	3,53	0,5	1,765 p/codo
Conducto salida campana-entrada caja ventilador	7,52	3,53	0,24	0,847
Conducto salida caja del ventilador-transición	6,25	2,44	0,25	0,612
Codo 900 sin álabes directrices	6,25	2,44	1,2	2,93
Transición	5,26	1,73	-	0
Codo 900 con álabes directrices	5,26	1,73	0,5	0,865
Conducto salida transición-atmósfera	5,26	1,73	0,25	0,43

La pérdida de carga estática total del sistema es la suma de la columna de P_{est} de la tabla 1, considerando que son dos codos de 900. El valor final es afectado por un coeficiente de seguridad (reserva) que se estima en 20 %. El resultado final es $\Delta P_{est} = 27,87$ mmca.

Con los valores de ΔP_{est} y Q se procede a seleccionar el ventilador. La Empresa generalmente utiliza ventiladores producidos por la firma cubana SEGERE. Para este esquema se trabajó con el ventilador BV 33/25 el cual puede satisfacer las necesidades del sistema girando a 1 740 rpm.

Evaluación experimental de la instalación

La metodología experimental utilizada se basó en la determinación de la caída de presión en las distintas secciones del sistema. Considerando cada sección a evaluar, la distancia entre el accesorio anterior y las tomas de presión se determinaron según las normas correspondientes. A continuación se declaran el tipo de medición y las distancias a las cuales se realizaron éstas:

Campana: presión en el conducto recto ascendente que sale de la campana. Toma situada a 0,25 m de la salida de la campana. Evalúa simultáneamente la campana y la entrada al conducto.

Conducto de salida de la campana y entrada a la caja del ventilador: presión diferencial a 0,25 m de la entrada al conducto y a 0,37 m de la entrada a la caja del ventilador.

Conducto de salida de la caja del ventilador: es la suma de la longitud de los dos tramos rectos que se extienden desde la salida de la caja del ventilador hasta la entrada a la transición con longitud resultante $L = 4,19$ m. La medición se realizó con un manómetro diferencial con tomas situadas a 0,15 m de la salida de la caja del ventilador y a 0,21 m de la entrada al codo y a 0,21 m de la salida del codo y entrada de la transición

Transición: presión diferencial con tomas a 0,21 m a la entrada y salida de la misma. Codos de 90° con álabes directrices a sin ellos: medición de presión diferencial con tomas a 0,21 m antes y después de los accesorios.

Tramo recto entre la transición y el codo con álabes: presión diferencial con tomas a 0,21 m a la salida de la transición y entrada al codo.

Tramo recto entre la salida del codo con álabes y la descarga libre: presión con toma a 0,21 m de la salida del codo descargando a la atmósfera.

Instrumentos y análisis de errores

Las características básicas de los instrumentos utilizados para este objetivo son:

Medidor de velocidad: Anemómetro de hilo caliente, modelo TESTO 425 con rango de 0 a 20 m/s, precisión 0,05 m/s para velocidades en el rango de 0 a 2 m/s y 0,5 m/s para velocidades en el rango de 0 a 20 m/s. El mismo presenta incorporado un termómetro con las siguientes características: rango -20 a +70 °C, precisión 0,5 °C para temperatura de 0 a 50 °C y 0,7 °C para el resto del rango.

Medidores de presiones diferenciales: Manómetros en U de líquidos (agua o alcohol) con fondo de escala de 1 mm y manómetro inclinado con ángulo de 100°, con menor división de la escala 1 mm que utiliza como líquido manométrico alcohol. Éste último también se utilizó para determinar la presión a la salida de la campana. Las tomas de presión en cada sección se prepararon utilizando el método conocido como “triple tee” (Blake, 1976), el cual establece que para medir la presión media en una sección se emplean cuatro tomas situadas a 90° una con respecto a la otra; la conexión entre ellas

se realiza a través de conectores T, de ahí su nombre, hasta obtener la línea que va al manómetro. El diámetro de la toma es de 3 mm, que se encuentra en el rango sugerido por el autor (2-5 mm).

Una vez definidos los instrumentos utilizados y sus características, se presenta la metodología seguida para la determinación de la incertidumbre, desde las mediciones realizadas hasta la obtención del resultado final, teniendo como base las normas ANSI-ASME PTC 85, ISO 5167 (1991) y el boletín Policy on Reporting Uncertainties in Experimental Measurement and Results, publicado por el Journal of Heat Transfer.

Para investigaciones de tipo experimental, es esencial el análisis de los errores en las magnitudes determinadas o leídas. La incertidumbre U en la determinación de una magnitud Z , cualquiera, se determina por la relación:

$$U_Z = \sqrt{P_Z^2 + B_Z^2} \quad (4)$$

Donde:

P : Límite de precisión.

B : Límite de desvío.

Durante los ensayos, las mediciones fueron realizadas una única vez, por lo que el límite de precisión no se considera. Debido a esto y expandiendo en series de Taylor, la expresión (4) queda:

$$U_Z = \sqrt{B_Z^2} = \sqrt{\sum \left(\frac{\partial Z}{\partial x_i} \right) B_{xi}^2} \quad (5)$$

El error relativo, se obtiene por:

$$U = \frac{U_Z}{Z} \quad [\%] \quad (6)$$

Esta metodología fue aplicada a cada una de las magnitudes aquí evaluadas, cuyos resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de la incertidumbre para cada magnitud

Magnitud	Incertidumbre	Error absoluto (%)
Gasto, Q	10,83	0,4
Coef. fricción, f	0,0000505	0,3
Coef. Pérdida local, k	0,0095	1,2
Caída de presión, ΔP	51,34	3,1
Presión estática, P_{est}	0,801	2,97

Validación del modelo experimental

Se realizó para comprobar si la metodología e instrumentos que serían utilizados en la evaluación experimental del sistema eran correctos. Consistió en evaluar experimentalmente el coeficiente de fricción f de un tramo recto del sistema, y el coeficiente de pérdida local k , para un codo sin álabes directrices, para diferentes valores de abertura de la compuerta reguladora y compararlos con los valores correspondientes obtenidos analíticamente en las mismas condiciones.

Para la determinación experimental se siguió el procedimiento siguiente.

Después de conectarse el ventilador y una vez establecidas las condiciones de trabajo (abertura predeterminada de la compuerta reguladora), se realizaron las mediciones de presión diferencial en las dos secciones que hay que evaluar, de velocidad media en el tramo de descarga a la atmósfera, por el método de los 26 puntos y de la temperatura del aire. Esta operación se realizó tres veces para diferentes valores de la abertura de la compuerta reguladora.

Los resultados obtenidos para la determinación del coeficiente de fricción f , en un tramo recto de 3,07 m de longitud y sección rectangular de 0,32 x 0,35 m se presentan más adelante.

El valor de f obtenido experimentalmente a partir de las ecuaciones 7 y 8:

$$f = \frac{2 \Delta P D_H}{\rho C^2 L} \quad (7)$$

Donde:

ΔP : Diferencia de presiones.

D_H : Diámetro hidráulico de la sección.

ρ : Densidad del aire.

C : Velocidad media del fluido.

L : Longitud del tramo recto.

El valor ΔP de se determinó por la expresión

$$\Delta P = \frac{\rho g h}{1000} \quad (8)$$

Donde:

H : Lectura del manómetro.

Mil (1 000) es un factor numérico de conversión de milímetros a metros.

El valor de f obtenido analíticamente se determinó en el laboratorio a partir de la rugosidad absoluta, R_a , del material con que fue construido el sistema, siendo su valor igual a 0,5 ~~teniendo~~ ^{teniendo} se determinaron los valores del número adimensional de Reynolds (como una función del DH). Con este par de puntos se calculó el valor de f en el diagrama de Moody.

Los resultados obtenidos para la evaluación del coeficiente de pérdida local, k en el codo sin álabes se presentan en la ecuación (9).

$$k = \frac{2 \Delta P}{\rho C^2} \quad (9)$$

y de la ecuación (8) ya utilizada anteriormente.

Desde el punto de vista analítico, k se determinó a través del catálogo de la ASHRAE, utilizado por la Empresa.

Los resultados comparativos de la determinación de f y k se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Comparación de los valores de f y k obtenidos experimental y analíticamente

Abertura de la compuerta, Q (m ³ /h)	f experimental	f analítico	k experimental	K analítico
2 533	0,0165	0,017	1,39	1,4
2 282	0,0167	0,017	1,39	1,4
1 983	0,0169	0,017	1,44	1,4

Tabla 4. Resultados experimentales de P_{est} para cada elemento del sistema

Elemento	P_{est} (mmca)
Campana y entrada al conducto	4,01
Codos 900	1,53 p/codo
Conducto salida campana-entrada caja ventilador	1,15
Conducto salida caja del ventilador-transición	3,05
Codo 900 sin álabes directrices	0,70
Codo 900 con álabes directrices	1,90
Transición	0,49
Conducto salida transición-atmósfera	3,15

Los resultados obtenidos demuestran que la metodología e instrumentos utilizados son correctos por lo que se procedió a evaluar toda la instalación; se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 4, para un gasto de trabajo $Q = 2\,533\text{ m}^3/\text{h}$, el mismo que se utilizó en la evaluación de la metodología de la Empresa.

De forma análoga a la metodología utilizada por la Empresa, la pérdida de carga estática del sistema es la suma de la columna P_{est} de la tabla No. 3. El resultado final es

$P_{est} = 17,51$ mmca. Con el par ($Q = 2\ 533$ m³/h, $P_{est} = 17,51$ mmca) se procedió a buscar, en el catálogo, el punto de operación del ventilador obteniéndose que estas condiciones se satisfacen trabajando a 600 rpm.

Análisis comparativo de los resultados

A partir de los resultados obtenidos se analiza, por elementos del sistema, los aspectos siguientes:

Campana y conducto de entrada. La diferencia es grande debido fundamentalmente al valor asumido para las pérdidas en el filtro, ya que éste se extrae de un catálogo comercial de la firma Vent Máster, con características muy diferentes al usado en los sistemas.

Codos de 900 ubicados antes de la caja del ventilador. Las diferencias no son significativas por uno u otro método.

Conductos de salida de la campana y entrada a la caja del ventilador, y conducto de salida de la caja del ventilador hasta la transición. En ambos casos los valores obtenidos por la Empresa son menores que los experimentales. Sucede que el valor de coeficiente de fricción, f , empleado por ésta es muy bajo, sin considerar aspectos tales como acabado superficial y tipo de material. El valor asumido es $f = 0,005$ y el determinado experimentalmente es $f = 0,017$.

Codos 900 con y sin álabes directrices. Los resultados experimentales son ligeramente menores desde el punto de vista experimental al ser comparados con los criterios de la Empresa.

También se pudo observar que los álabes pueden, eventualmente, provocar incrementos de las pérdidas por su mala calidad constructiva. Se detectaron las siguientes deficiencias:

1. El álabe externo no se coloca de forma tal que provoque que el flujo haga una curva suave, sino que parte de éste pasa entre el mismo y la pared.
2. Los pasos no son uniformes.
3. El borde anterior de los álabes no son colineales con el flujo, ocurriendo choque entre el flujo y el extremo del álabe.

Una correcta manufactura y colocación de los álabes contribuiría a la disminución de las pérdidas en el sistema.

La Empresa no evalúa este accesorio incluyéndolos en el coeficiente de reserva, por lo que los resultados experimentales tienen que ser mayores. Estas diferencias y deficiencias en el cálculo y construcción del sistema de extracción se suplen con un elevado coeficiente de seguridad (y reserva) que alcanza el 20 % de las pérdidas calculadas.

Si consideramos que puede utilizarse el mismo ventilador, se observa que, para los resultados experimentales éste trabajaría sólo a 600 rpm para satisfacer las condiciones de Q y P_{est} ; o sea, una disminución considerable de consumo energético y consecuentemente de dinero. También podría utilizarse otro ventilador, más pequeño para satisfacer las necesidades del sistema.

Conclusiones

En el presente trabajo se realizó la evaluación experimental de un sistema de extracción de gases en cocinas industriales, siendo estos resultados comparados con la metodología utilizada por la Empresa Emprotur, división Casino del Río. Se obtuvieron las conclusiones siguientes:

1. La Empresa utiliza de forma simultánea diferentes normas técnicas y criterios y los ajusta a sus diseños:
 - a) Las pérdidas en los filtros se asumen de un catalogo de la firma Vent Master, que no se corresponde con el filtro utilizado. El criterio de pérdida es muy alto.
 - b) El coeficiente de fricción que se asume es muy pequeño cuando se compara con el obtenido experimentalmente.
 - c) La evaluación de los codos no presenta significativas diferencias. No obstante se observaron serias deficiencias en el diseño y colocación de los álabes directrices, lo que impide una mayor disminución de los pérdidas de energía.
 - d) El ventilador utilizado está sobredimensionado o trabajando en condiciones de explotación no adecuadas, pudiéndose ejecutar la extracción de los gases con una frecuencia de rotación mucho menor o con otro ventilador más pequeño. En ambos casos constituye un ahorro de materiales y energía importantes.
 - e) La Empresa no evalúa la transición, considerando que las pérdidas que aquí se producen se cubren con el coeficiente de seguridad.
2. Por estas imprecisiones la Empresa utiliza un coeficiente de seguridad muy alto, de forma que estos aspectos queden resueltos.
3. Si consideramos que la instalación experimental, aunque típica, es más pequeña que los sistemas reales instalados, se observará que los ahorros materiales y energéticos aquí obtenidos se multiplicaran significativamente.

Bibliografía

- BATURIN, VV. *Fundamentos de la ventilación industrial*. Editora Labor S.A, 1ra Edición, 1976.
- BLAKE, A. K. «The design of piezometer rings». *Journal of Fluid Mechanics*, V. 78, pt 2, p. 415-428, 1976.
- NORMA ASHRAE. «Handbook of Fundamentals published by Society of Heating», Refrigeration and Air-Conditioning Enginners.
- Norma ISO 180 3966-77. «Measurement of fluid flow in closed conduct velocity». Area method using Pitot tube static tubes.
- PÉREZ, A. «Caracterización de los sistemas de extracción de gases en cocinas industriales», Trabajo de Diploma, CETER, ISPJAE, 2001.

Indicadores de eficiencia energética en hoteles turísticos en Cuba

Indicators for Energy Efficiency in Tourism Hotels in Cuba

*M.Sc. Osmel Cabrera Gorrín
Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales
(Center of Energy Studies and Industrial Processes), Centro Universitario de Sancti
Spíritus, Cuba.*

*Dr. Aníbal Borroto Nordelo
Dr. José Monteagudo Yanes
Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
Center for the Study of Energy and Environment, University of Cienfuegos, Cuba.*

*Dr. Carlos Pérez Tello
Eng. Héctor Campbell Ramírez
Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, México.
Engineering Institute, Low California Autonomous University, Mexico*

Resumen

El presente trabajo está motivado por la necesidad que existe en el sector turístico de métodos y procedimientos de monitoreo y control energético que permitan reducir los consumos y costos energéticos y aumentar la competitividad de los hoteles. En el trabajo se demuestra que el índice de consumo utilizado actualmente en los hoteles turísticos en Cuba no constituye un indicador efectivo para evaluar la eficiencia energética, se analizan las posibles causas de ello y se propone la obtención de un nuevo índice de consumo de energía eléctrica, introduciendo el concepto de «habitación-día-ocupada-equivalente».

Palabras clave: Eficiencia energética, índice de consumo, gasto energético.

Abstract

This paper was written to meet the needs of energy control and monitoring methods and procedures for the tourism sector, aimed at lowering energy consumption and costs and therefore increasing competitive standards in hotels. The paper shows that the consumption rate used in the tourism hotels in Cuba is not an effective indicator to evaluate energy efficiency, the causes involved in this are analyzed and the achievement of a new consumption rate is proposed, thus introducing the concept of "room-day-occupancy-equivalent".

Key words: Energy efficiency, consumption rate and energy cost.

Introducción

Para el análisis de la eficiencia energética al nivel empresarial se utilizan diferentes indicadores: índices de consumo, índices de eficiencia e indicadores económico-energéticos. En el sector hotelero se emplean con mucha frecuencia el índice de gastos energéticos vs. ingresos, los índices de consumo por habitación-día-ocupada (kWh/HDO, m³/HDO), así como índices de consumo por unidad de área construida (kWh/m²-año).

El indicador gastos energéticos vs. ingresos, si bien es un indicador global integrador y útil, no permite evaluar los resultados específicos en cuanto a eficiencia en la utilización de los energéticos, ni permite diagnosticar y corregir

las causas que puedan provocar su deterioro. Es por ello que el monitoreo y control de la eficiencia energética debe basarse en índices de consumo físicos que relacionen el consumo de portadores energéticos con los servicios prestados.

Estudios precedentes han señalado la influencia de otros factores, no relacionados con la ocupación del hotel, sobre el consumo de energía eléctrica, lo cual limita la utilización del índice de consumo kWh/HDO para la implementación de un sistema efectivo de monitoreo y control energético, así como su aplicación en la evaluación de las mejoras energéticas en períodos diferentes.

Desarrollo

Experiencias internacionales demuestran que una instalación hotelera que funcione eficientemente, desde el punto de vista energético, debe consumir entre 5 y 7 % de sus ingresos para cubrir los gastos energéticos, indicador que varía en función del tipo de hotel y la categoría que ellos posean, así como del tipo de servicio que se ha prestar.

En Cuba, en las cadenas Cubanacán, Gran Caribe Islazul y Horizontes, este indicador oscila entre 8 y 16 % y puede llegar hasta 20 % en hoteles que tienen una infraestructura muy atrasada y bajos niveles de comercialización.

Las áreas que consumen más energía eléctrica en un hotel son la climatización y el alumbrado. Para hoteles del Caribe en particular, el consumo de climatización puede representar alrededor de 65 % del total del consumo de electricidad, debido fundamentalmente a las altas temperaturas, mientras que el consumo en equipos de refrigeración representa alrededor de 14 %, el alumbrado 11 %, ventiladores y bombas 12 % y la producción de agua caliente 7 % aproximadamente.

Las marcas de calidad en el consumo de energéticos y agua en los hoteles en Cuba constituyen normas que se han establecido para los índices de consumo por las diferentes cadenas hoteleras teniendo en cuenta el historial de cada hotel. Como se muestra en la tabla 1, no hay uniformidad en las marcas establecidas, y solo en el caso del portador agua existe similitud, lo cual se debe a que existe una norma general de proyecto que rige el suministro de agua a las instalaciones turísticas. El resto de los indicadores se han establecidos sobre bases empíricas, y en la práctica estas marcas se hallan funcionando como parámetros fijos sin que previamente se hayan realizado estudios minuciosos en cada hotel ni se haya validado la efectividad de estos índices de consumo para caracterizar la eficiencia energética de los hoteles.

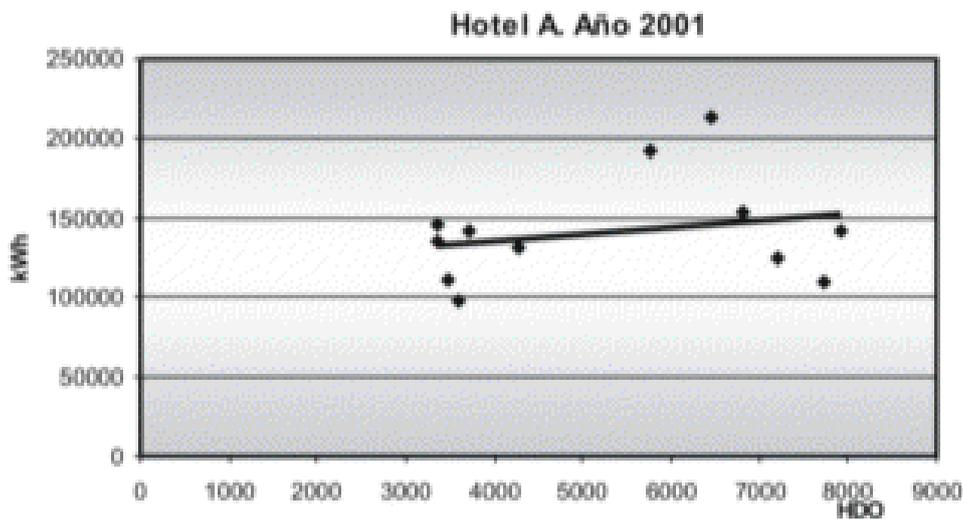
Tabla 1. Indicadores energéticos utilizados por las diferentes cadenas hoteleras cubanas

Cadena hotelera	Electricidad kWh/HDO	Agua M3/HDO	Diesel L/HDO	GLP L/HDO
Gran Caribe	14-30	0,8-1	0,65-0,7	1,9
Horizontes	35-40	0,8-1	2,5	1,9-2
Gaviota	35-40	0,8-1	2-3,5	1,9-2

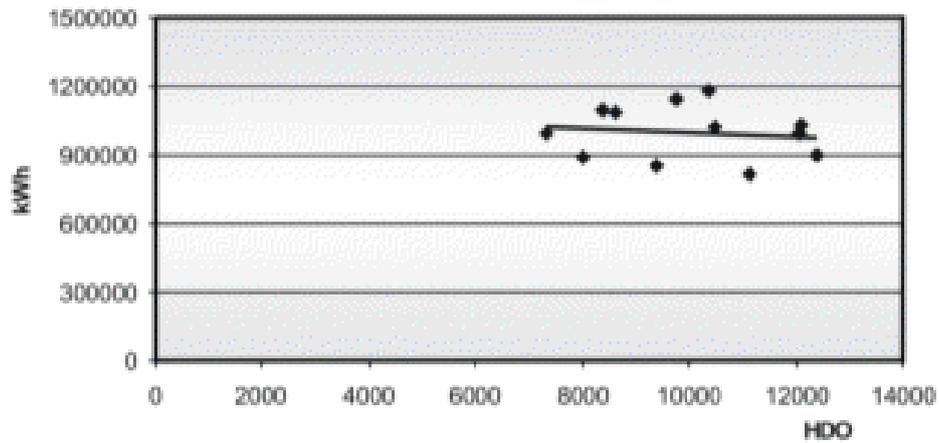
Cubanacán	30-60	0,8-1	-	1,5-2
Islazul	27-60	0,8-1	2-2,5	1,5-2

Un análisis de la efectividad de un índice de consumo para caracterizar la eficiencia energética de una instalación o un proceso se puede realizar determinando la correlación que existe entre el consumo de energía y la variable que expresa el nivel de producción o de servicio. Para que un índice de consumo sea válido debe existir una correlación significativa entre el consumo de energía y la variable, con la cual éste se relaciona. La literatura especializada establece que para que un índice sea válido como indicador de eficiencia energética el coeficiente de correlación R^2 entre las variables relacionadas en el índice debe ser igual o mayor que 0,75. Con el objetivo de evaluar la efectividad del índice kWh/HDO utilizado en el sector turístico se determinó el coeficiente de correlación lineal entre consumo mensual de electricidad en kilowatt-hora (kWh) y la ocupación expresada en HDO para ocho hoteles turísticos cubanos, pertenecientes a las cadenas Cubanacán e Islazul, los cuales han sido designados por las letras de la A hasta la H. En la figura 1 se muestran, a modo de ejemplo, los diagramas de dispersión del consumo mensual de energía eléctrica vs. las habitaciones-día-ocupadas para tres de los hoteles estudiados, y en la tabla 2 se resumen los resultados de la determinación del coeficiente de correlación lineal R^2 entre kWh y HDO para los ocho hoteles.

Fig. 1. Diagramas de dispersión del consumo mensual de energía eléctrica vs. Habitaciones-día-ocupadas para dos de los hoteles estudiados (hoteles A y H).



Hotel H. Año 2001



Hotel G. Año 2001

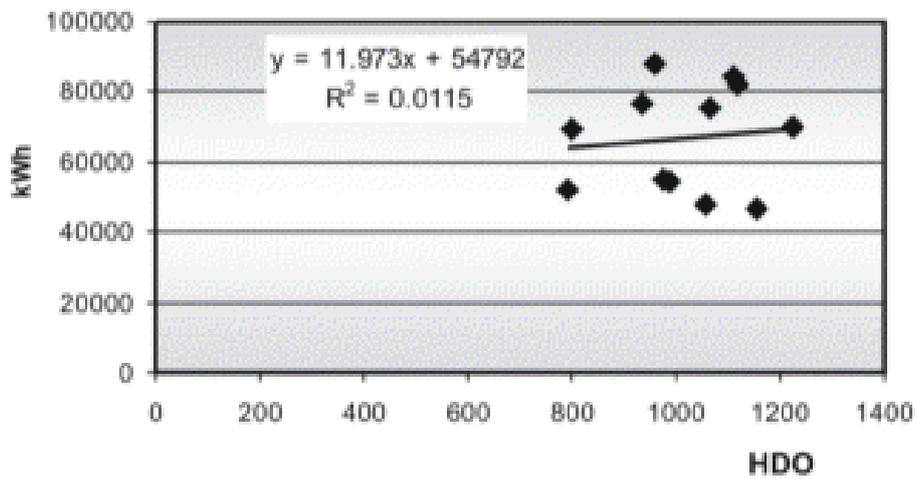


Tabla 2. Coeficientes de correlación lineal entre el consumo de energía eléctrica (kWh) y la ocupación (HDO) en diferentes hoteles

Hoteles estudiados	Coeficiente de correlación (R2) del modelo lineal (kWh vs. HDO)
A	0,050
B	0,146
C	0,147
D	0,053
E	0,123
F	0,144
G	0,015
H	0,017

Se observa la muy baja correlación que existe en todos los casos entre el consumo de electricidad, kWh, y las habitaciones-días-ocupadas, HDO. Esto indica que no hay dependencia directa entre el consumo de energía eléctrica y las habitaciones-días-ocupadas, lo que demuestra lo inapropiado de este índice de consumo para evaluar la eficiencia energética de un hotel turístico.

Los resultados anteriores evidencian que otros factores influyen con mayor peso que la ocupación en el consumo de energía eléctrica de las instalaciones hoteleras y, por tanto, el indicador utilizado hasta la fecha de kWh/HDO no refleja adecuadamente la eficiencia global en el consumo eléctrico del hotel ni puede ser utilizado para la evaluación de proyectos de mejora.

Los elementos principales que afectan la validez del actual índice de consumo son:

1. No tomar en consideración en el índice la influencia de la temperatura ambiente sobre el consumo de electricidad del sistema de climatización. Esta variable es la más importante en el consumo de energía eléctrica en un hotel turístico, en el que el consumo en climatización puede representar más de 60 % del consumo total de electricidad. La temperatura y la humedad del aire ambiente son determinantes en la carga térmica que debe vencer el equipo de climatización e influyen además en su eficiencia.
2. Considerar habitaciones de diferentes tamaños y consumos energéticos como iguales a los efectos del índice. En un hotel las cargas de enfriamiento pueden ser muy diferentes entre habitaciones, en dependencia de su tamaño y características, de su orientación, etcétera.
3. No considerar en el índice la influencia de otros servicios que presta el hotel y que tienen alto consumo energético, como son los salones de eventos, tiendas, etc. Estos servicios representan una demanda adicional de energía, en muchos casos elevada, y sin embargo no se reflejan en las HDO.

Propuesta para establecer un nuevo índice energético para hoteles turísticos

Para establecer un nuevo índice que refleje adecuadamente el comportamiento de la eficiencia energética en un hotel turístico se puede aplicar el método de la producción equivalente, introduciendo el concepto de habitación-día-ocupada-equivalente (HDOeq)", el cual tome en consideración otros factores que influyen sobre el consumo de energía de la instalación, y expresar el índice de consumo de electricidad en kWh/HDOeq.

En este caso las HDOeq se podrían determinar por la siguiente expresión:

$$HDOeq = HDO \cdot Fc \cdot Ft + Fs$$

Donde:

HDOeq: Habitaciones-días-ocupadas-equivalentes.

HDO: Cantidad de habitaciones-días-ocupadas-reales.

Fc: Factor de carga (diferencias en carga de enfriamiento en las habitaciones).

Ft: Factor de temperatura (influencia temperatura ambiente).

Fs: Factor de servicios (consumos no asociados con la ocupación).

Conclusiones

Un sistema de monitoreo y control energético efectivo para un hotel requiere de un conjunto de indicadores que permitan evaluar el resultado alcanzado en el uso eficiente de los portadores energéticos, diagnosticar las causas de la desviaciones con respecto a un comportamiento normado o estándar, y finalmente modificar las variables de control para hacer coincidir los resultados con los objetivos establecidos.

El análisis realizado demuestra que el índice de consumo de electricidad utilizado actualmente en hoteles turísticos no caracterizan adecuadamente la eficiencia energética debido a que está referido a las habitaciones-días-ocupadas y no toma en consideración otros factores no relacionados con la ocupación y que tienen una influencia determinante sobre el consumo de energía. Todo ello fundamenta la necesidad de establecer nuevos procedimientos en los sistemas de gestión energética que posibiliten un monitoreo y control energético efectivo y permitan valorar adecuadamente los potenciales de ahorro asociados a proyectos de mejora de la eficiencia energética.

Una solución a la problemática anterior puede ser la utilización de un índice referido a las habitaciones-días-ocupadas-equivalentes (HDOeq), el cual tome en consideración otros factores que influyen determinantemente sobre el consumo de energía de la instalación, tales como la temperatura ambiente, las diferencias de cargas de climatización entre habitaciones y otros servicios prestados por el hotel.

Bibliografía

- Figueras, Miguel A. *Las recientes experiencias cubanas y sus proyecciones al futuro*. Business Tips on Cuba. La Habana, Año 7, Nº 5, mayo 2000, 33 pp.
- Florida Hotel and Motel Energy Management Program. «Florida Energy Extension Service». <http://energy1.agen.ufl.edu/fees/index.htmlmain.html>
- Johannense, Roy. «*Energy Savings in Hotels and Motels*». www.edis.ifas.ufl.edu/scripts/EH170, 1998.
- Martins, Álvaro. *Guía de oportunidades de inversión en el sector hotelero cubano*. Alvaro Martins. Comisión Europea: Editorial ENERGIE, 2000, 35 pp.
- Mike West and Larry Elliot. *Energy Management Programs that Increase Hotel and Motel Profits*. University of Florida. July 1996. Web site at <http://hammock.ifas.ufl.edu>
- Retec International. Energy Saving for Typical Caribbean Hotels. www.Internat/typ_savings.htm, 1998.
- Rhode, Dusty. «Energy Efficiency Opportunities in Mexican Hotels». www.ase.org, 2000.

Evaluación de sistemas fotovoltaicos en tres comunidades apartadas del estado de Nayarit

Evaluation of Photovoltaic Systems in Three Secluded Communities of Nayarit State

*Omar Guillén Solís
Jaime Agredano Díaz
Gonzalo Murguía del Río, et al.*

*Instituto de Investigaciones Eléctricas, Gerencia de Energías No Convencionales,
Avenida Reforma 113, Cuernavaca, Morelos, C.P. 62490, México.
(Institute of Electric Researches, Non Conventional Energy Management)
Avenida Reforma 113, Cuernavaca, Morelos, C.P. 62490, Mexico.
Tel.: +52 (777) 362-3811 Ext. 7097.
Fax: + 52 (777) 362-3808.
e-mail: oguillen@iie.org.mx*

Resumen

La tecnología fotovoltaica desempeña un papel importante en el proceso de electrificación de las zonas rurales para países en desarrollo. Su naturaleza modular facilita la integración de sistemas, desde los muy pequeños, de unos cuantos watts de potencia para iluminación de las modestas habitaciones de los campesinos, hasta los de varias decenas de kilowatts destinados al abastecimiento eléctrico en procesos productivos como el bombeo de agua, la molienda de granos y la preservación de productos perecederos. Sin embargo, el alto grado de dispersión de la población rural es uno de los principales factores que motivan el uso de los sistemas fotovoltaicos para su electrificación, por lo que también se dificulta el proceso de seguimiento y evaluación de los correspondientes proyectos y programas, sumando a esto el gran número de sistemas individuales que se instalan en una determinada región; la tarea de evaluarlos periódicamente se vuelve lenta, difícil y muy costosa. Por ello, la Gerencia de Energías No Convencionales (GENC) del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) se dio a la tarea de desarrollar una metodología de evaluación, la cual involucra dos pasos secuenciales: en el primero se efectúan inspecciones de campo a muestras estadísticamente significativas de los sistemas fotovoltaicos instalados en una región dada, para obtener la información básica que permite la evaluación de los sistemas. Esta evaluación se ejecuta en el segundo paso mediante un proceso de calificación de los sistemas y análisis de los resultados. El instrumento básico para el análisis de la información y evaluación de los sistemas es la herramienta de cómputo ESFER (Evaluación de Sistemas Fotovoltaicos de Electrificación Rural), que trabaja con una serie de rutinas macro y hojas de cálculo en el programa de cómputo EXCEL, y por ende su uso requiere de una computadora personal (IBM PC o compatible). Dado el gran número de parámetros y variables primarios, intermedios y finales que se manejan por cada sistema inspeccionado (más de 150), el uso de medios electrónicos de cálculo se justifica plenamente. Con el cambio de las versiones de Windows y EXCEL, se

presentó la necesidad de actualizar ESFER. Con el reciente proyecto realizado por la GENC del IIE denominado: «Evaluación de los sistemas fotovoltaicos de iluminación doméstica rural en los poblados de Los Sabinos, Colorado de la Mora y playa Golondrinas a diez años de su Instalación» se actualiza su plataforma de trabajo y se responde a las necesidades planteadas por el mencionado proyecto. Los sistemas evaluados corresponden a instalaciones realizadas durante 1991 y 1993. Durante el 2002 el municipio de El Nayar otorgó varios sistemas fotovoltaicos a pobladores de Los Sabinos.

Abstract

Photovoltaic technology (PV) already plays an important role in the electrification process of the rural areas of developing countries. Its modular nature facilitates the integration of systems, from the very small ones, consuming some watts of power for the illumination of the peasants' modest rooms to those of several dozens of kilowatts dedicated to the electric supply in productive processes as water pumping, grains milling and preservation of perishable products. However, the rural population is widely scattered and this is one of the main factors which motivates the use of the PV systems for electrification, this high degree of dispersion of the rural population is hindering the follow-up and evaluation processes of the corresponding projects and programs, on the other hand, the large number of individual systems, settled in a given region, the task of periodically evaluating them, turns this activity into a somewhat slow, difficult and very expensive process. Thus, the Non Conventional Energy Management (GENC) of the Electric Research Institute (IIE), engaged in developing a methodology of evaluation, involving two sequential steps: the first one deals with field inspections on the field of samples of PV systems installed in a given region, which are statistically significant of the photovoltaic systems so as to gather the basic information for evaluating the systems. This evaluation is performed in the second step through a qualification process of the systems and analysis of the results. The basic instrument for the analysis of information and system evaluation is the ESFER Estimation Software (Evaluation of Photovoltaic Systems of Rural Electrification); operating with EXCEL macro routines and worksheets. IBM personal computers or a compatible one are required. Given the large number of parameters and primary variables, intermissions and finals that are managed by each inspected system (more than 150), the use of electronic means of estimation is fully justified. With the new versions of Windows and EXCEL it was also necessary to modernize ESFER. With the recent project "Evaluation of Photovoltaic Systems of Rural Domestic Illumination in the Towns of Los Sabinos, Colorado de la Mora and Playa Golondrinas after Ten Years of Their Installation" carried out by IIE's GENC, ESFER's working platform was modernized and it responds to the needs outlined by the above mentioned project. The evaluated systems correspond to facilities built during 1991 and 1993. During 2002, "El Nayar" municipality provided residents of Los Sabinos with several photovoltaic systems.

Key words: Photovoltaic systems, rural electrification, ESFER, evaluation.

1. Antecedentes

Decenas de miles de hogares de México y de otros países están siendo ya electrificados con sistemas fotovoltaicos, en regiones apartadas donde el suministro eléctrico convencional puede ser técnicamente difícil y muy costoso.

La característica particular de tales regiones es el alto grado de dispersión de la población, lo que hace más atractivo el uso de los sistemas fotovoltaicos. Hacer el seguimiento y la evaluación de los proyectos y programas de electrificación rural fotovoltaica debe ser una preocupación de todas las entidades, públicas o privadas, responsables de su formulación, financiamiento o ejecución. El seguimiento y evaluación de proyectos y programas es de gran utilidad, ya que arroja información que ayuda a conocer el estado físico y operativo de los sistemas en un momento dado, así como el grado de satisfacción de los usuarios y la efectividad de los mecanismos implantados para la sostenibilidad a mediano y largo plazos del proyecto o programa. También permiten identificar áreas de problemas que requieren acciones correctivas o preventivas inmediatas, tanto en lo relativo a la reparación o reposición de componentes y equipos individuales, como en lo referente a la identificación de nuevos productos disponibles en el mercado, elaboración de nuevas o mejoradas normas y especificaciones técnicas, metodologías de trabajo y guías de diseño.

El uso masivo de sistemas fotovoltaicos para la electrificación rural en México se inició al comienzo de los años 90's, ante la imposibilidad de Comisión Federal de Electricidad (CFE) de dar el servicio utilizando el método convencional, la extensión de red a comunidades carentes de infraestructura y con alto grado de dispersión poblacional. Por otro lado, los usos principales que se dan a la electricidad en esos pueblos son la iluminación y el entretenimiento.

Los programas de electrificación rural en México tienen carácter eminentemente social, lo cual quiere decir que las inversiones que se realizan en este rubro no están concebidas con fines de lucro. Sin embargo lo que sí debe cumplir este servicio es satisfacer las necesidades del usuario utilizando eficientemente los recursos financieros.

Para la zona específica en estudio, los trabajos de construcción de la Central Hidroeléctrica de Aguamilpa en el estado de Nayarit, afectaron comunidades localizadas en las márgenes de los ríos Huaynamota y Grande de Santiago. Esto motivó a la Comisión Federal de Electricidad a realizar un programa de reubicación de comunidades afectadas, dentro del cual se incluyó la dotación de servicios básicos de electricidad.

Varias alternativas se consideraron para proveer del servicio eléctrico a las comunidades.

Una de ellas era la extensión de la red desde las líneas de transmisión hasta las comunidades, alternativa que involucraba además la construcción de subestaciones y demás infraestructura necesaria. Otra alternativa posible era la instalación de motogeneradores con los inconvenientes que presenta esta opción, como el suministro de diesel, altos niveles de ruido, emisión de contaminantes a la atmósfera etcétera.

La otra alternativa viable era la instalación de sistemas fotovoltaicos en casas-habitación e inmuebles públicos. Esta última opción fue seleccionada por la Comisión Federal de Electricidad y aceptada por los pobladores de las comunidades reubicadas.

Los sistemas domiciliarios instalados incluyen: modulo fotovoltaico, baterías, controladores de carga, lámparas, convertidores CD/CD y caja de fusibles, En los sistemas fotovoltaicos instalados, el módulo es el único componente del sistema de importación, aunque también se detectaron baterías selladas y de uso marino de procedencia extranjera.

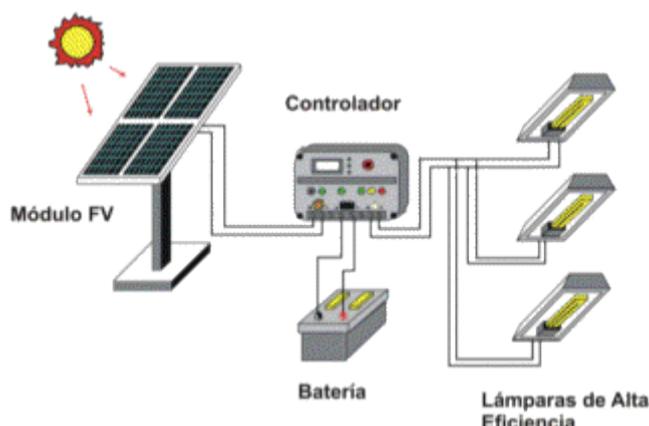


Fig. 1. Configuración de sistemas fotovoltaico aislados de electrificación.

Los sistemas de uso comunitario (alumbrado público, escuelas, iglesia, casa comunal, dispensario médico y tienda) se diseñaron para proporcionar un servicio diferente a los sistemas domiciliarios, por tal motivo su capacidad y configuración es distinta.

Todos los sistemas comunitarios y luminarias que conforman el sistema de alumbrado público quedaron bajo el resguardo y cuidado de los comités de electrificación que fueron creados para dar seguimiento y mantener operativos dichos sistemas, una vez que las instituciones promotoras de los proyectos salieran de las comunidades.

El estudio efectuado resultó de especial interés, dado que fue en la comunidad de Los Sabinos donde por primera vez se utilizaron las Especificaciones Técnicas para Sistemas Fotovoltaicos de Electrificación Doméstica Rural, en el proceso de licitación de los sistemas fotovoltaicos. Estas especificaciones han servido desde entonces como términos de referencia en las licitaciones de proyectos de ésta índole, donde los recursos financieros provienen del gobierno federal.

2. Comunidades evaluadas

Las comunidades evaluadas en el mencionado estudio fueron Los Sabinos y Playa Golondrinas pertenecientes al municipio de El Nayar; y Colorado de la Mora del municipio de Tepic.

El clima de las comunidades se ubica en la clasificación de cálido húmedo. Para llegar a Los Sabinos y Playa Golondrinas se utiliza lancha, mientras que para llegar a Colorado de la Mora es posible llegar por tierra o lancha.

El nuevo poblado de Los Sabinos es una comunidad mestiza. El pueblo

originalmente se localizaba a orillas del río Huaynamota. Con los trabajos de la presa de Aguamilpa la comunidad fue reubicada en tierras más altas, aproximadamente a dos kilómetros de su ubicación original. La población total en la comunidad es de 98 habitantes. (Censo 2000 INEGI).

Colorado de la Mora y Playa Golondrinas son comunidades integradas por indígenas huicholes. Se localizan en las márgenes del río Grande de Santiago. La población total de cada una de ellas es de 261 y 156 habitantes, respectivamente (Censo 2000 INEGI).

3. Metodología y herramienta de evaluación

Se pretende que la evaluación de los sistemas fotovoltaicos se efectúe bajo criterios uniformes de tal manera que los resultados de los estudios puedan ser comparables y se puedan derivar de ahí conclusiones significativas.

El proceso de evaluación comienza con una inspección de campo a una muestra aleatoria de sistemas, que sea representativa de la totalidad de las instalaciones que se pretende evaluar.

En ocasiones, es posible evaluar la totalidad de los sistemas. Los sistemas en la muestra son inspeccionados mediante visitas domiciliarias. En cada caso se revisa la ubicación del módulo fotovoltaico, su montaje, orientación e inclinación, su estado físico y resistencia a la intemperie.

Se verifica el estado físico de la batería y sus terminales, la densidad del electrolito, y el nivel de voltaje entre terminales.

Se prueba el funcionamiento del indicador de nivel de carga de la batería y el estado operativo del controlador. Se revisa el estado de la instalación, incluyendo cableado, cajas, conexiones, apagadores, y contactos. Finalmente se prueba el funcionamiento de las lámparas y el estado físico de sus bases.

Una vez concluida la inspección visual del equipo y hechas las mediciones y pruebas mencionadas, se procede a preguntar al usuario sobre su grado de satisfacción con el sistema, la naturaleza de los problemas experimentados, el tipo y frecuencia de falla, y la necesidad de reemplazo de lámparas y baterías, el costo de reposición de éstas, las prácticas de limpieza del módulo fotovoltaico, el mantenimiento de la batería, y cualquier otro comentario que él quisiera agregar.

Es recomendable aprovechar la visita para reforzar la instrucción al usuario sobre la mejor manera de operar y mantener su sistema en buenas condiciones. También, que dentro de lo posible se efectúen medidas, a diferentes horas del día, de parámetros climatológicos, como la temperatura ambiente, la humedad relativa, y el nivel de radiación solar. Esto como muestra

del tipo de ambiente en que funcionan los sistemas. Las pruebas y mediciones de los distintos parámetros de los sistemas deben hacerse con instrumentos calibrados y en buen estado.

Las constantes y las fechas de calibración deberán registrarse cuando proceda.

La información obtenida en campo debe ser organizada y analizada para

determinar las principales causas de falla de los sistemas. Esta operación se lleva a cabo mediante el uso de ESFER; que se detalla más adelante.

El proceso de evaluación de los sistemas concluye cuando se obtienen y reportan los resultados del análisis de la información levantada en campo. Los resultados de todas las evaluaciones se presentan en el mismo formato, a fin de que puedan ser integrados en los resultados globales del programa de evaluación.

3.1. Fallas en los sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos de iluminación rural pueden fallar en respuesta a una variedad de causas, tanto técnicas como de otra índole.

Durante la visita a cada uno de los sistemas domiciliarios se aprovechó la oportunidad para reforzar algunos aspectos referentes a las buenas prácticas de operación y mantenimiento de los sistemas. Mucha de la información suministrada a los usuarios ya había sido proporcionada con anterioridad; sin embargo, con el paso del tiempo la gente la olvida, por lo que se proporcionó una hoja que contiene los puntos más importantes que los usuarios deben tener en cuenta para mantener en buenas condiciones sus sistemas.



*Fig. 2. Panel fotovoltaico sombreado.
Falla usual detectada en la visita de campo.*

3.2. Herramienta informática de evaluación

La herramienta básica para el análisis de la información y evaluación de los sistemas es la herramienta de cálculo computarizada ESFER, la cual trabaja con una serie de rutinas macro

y hojas de cálculo en el programa de cómputo EXCEL para Windows (ambos de la compañía Microsoft Corporation®), y por ende su uso requiere de una computadora personal (IBM PC o compatible). Dado el gran número de parámetros y variables primarios intermedios y finales que se manejan por cada sistema inspeccionado (más de 150), el uso de medios electrónicos de cálculo se justifica plenamente.

Por tratarse el programa ESFER de un archivo estructurado de Excel, se pretende simplificar las tareas del usuario, así como hacerle más agradable y sencillo su trabajo.

El menú principal de opciones es la parte medular para la interacción entre el usuario y la computadora. Desde el menú principal podrá iniciar todas las acciones sobre la base de datos (abrir, introducir datos, ver resultados, etc.), por lo que es importante conocer cada uno de sus elementos.



Fig. 3. Pantalla principal de opciones de ESFER.

En la pantalla de captura se registra toda la información que contendrá la base de datos a ser evaluada por ESFER. En dependencia de la correcta introducción de los datos y de la veracidad de estos mismos, así serán los resultados que se obtengan. Para facilitar la captura de datos, éstos se hallan clasificados en diferentes categorías, y cada una de ellas se presenta en la pantalla de captura, la cual se irá llenando según sea el tipo de información que solicite el campo correspondiente.

Cada campo de información se encuentra validado, es decir, no se podrá introducir cualquier dato, sino sólo el tipo de información de la naturaleza solicitada, o en los rangos especificados. En varios de los campos, la información solicitada se cierra a unas cuantas opciones que el usuario podrá seleccionar con el ratón. Si se quiere introducir un dato no coherente en el campo en captura, un mensaje alusivo de error se mostrará, solicitando al usuario corregir el error o incoherencia. Las secciones de captura de información corresponden al formato de encuesta ESFER.

Estos datos son la base de información para generar el concentrado tabular denominado: 'Indicadores por calificación de las encuestas levantadas; y por consecuencia, el grupo de gráficas correspondientes: 'Menú-gráficas de resultados por calificación''. Los datos mostrados en ambos concentrados tabulares no pueden modificarse directamente.

Después de que se ha proporcionado la base de datos con la información que se desea evaluar, ésta es analizada por ESFER, lo que genera concentrados tabulares y una serie de gráficas que permiten establecer un criterio del estado en que se encuentran los sistemas fotovoltaico analizados, así como todos los elementos que los componen, y poder tomar las medidas necesarias en dado caso que estos no se encuentren en un estado adecuado.

Los menús correspondientes de gráficas contienen los íconos de todas las gráficas de resultados generadas. Tan solo hay que seleccionar el icono de la gráfica que se desee observar, para que esta aparezca desplegando la información correspondiente. Cada gráfica contiene las opciones propias de Excel que permiten imprimir el gráfico, mandar una vista previa de éste, y opciones programadas de ESFER que facilitan volver a la tabla de indicadores de resumen correspondientes que sirvieron para generar el gráfico, así como al Menú de Gráficas que le corresponde.

4. Resultados obtenidos

Durante la visita de inspección fueron evaluados en total 88 sistemas, los cuales se calificaron con la ya expuesta metodología. Los sistemas evaluados corresponden a instalaciones realizadas durante 1991 y 1993. Durante el 2002 el municipio del Nayar otorgó varios sistemas fotovoltaicos a pobladores de Los Sabinos. Durante la estancia del grupo de trabajo en esta comunidad también fueron evaluados estos sistemas. En las comunidades de Colorado de la Mora y Playa Golondrinas las luminarias del alumbrado público y de la cancha deportiva fueron encontradas fuera de operación.

Los principales indicadores por calificación calculados de la información obtenida en campo de los sistemas fotovoltaicos evaluados se resume en la tabla siguiente:

Fig. 4. Distribución de sistemas fotovoltaicos de acuerdo con su estado físico y operativo

	Los sabinos (viejos)	Los sabinos (nuevos)	Colorado de la Mora	Playa Golondrinas
Sistemas en excelente estado	27%	30%	2%	0%
Sistemas en buen estado	67%	60%	37%	32%
Sistemas en regular estado	7%	10%	24%	41%
Sistemas en mal estado	0%	0%	37%	27%

Sin menosprecios y rasgos de discriminación, es notoria la diferencia que muestra el estado de los sistemas de la comunidad mestiza y donde los usuarios son de origen indígena.

Durante el 2002 el municipio de El Nayar otorgó varios sistemas fotovoltaicos a pobladores de Los Sabinos. Durante la estancia del grupo de trabajo en la comunidad también fueron evaluados estos sistemas.

Los hallazgos principales referentes a estos sistemas se describen a continuación:

- Los sistemas otorgados por CFE cumplen totalmente con las especificaciones técnicas para sistemas fotovoltaicos de iluminación doméstica rural, mientras que los proporcionados por el municipio adolecen de calidad y apego a norma.
- Se encontraron varios módulos fotovoltaico orientados hacia el Este, cuando las prácticas ingenieriles indican que debe ser hacia el Sur, para maximizar la generación de energía.
- La empresa instaladora aplicó pintura sobre los datos de placa de los módulos, por lo cual no pudieron ser verificados.
- La caja de baterías presentan tamaño reducido, lo que inhibe la buena circulación de aire. La tapa de la caja abre hacia el frente, lo cual dificulta realizar cualquier maniobra de mantenimiento.
- Dentro de la caja se ubican el controlador de carga, la caja de fusibles y el convertidor CD/CD. Se corre el riesgo de incendio y/o explosión dado que la caja no tiene dimensiones adecuadas que permitan circulación del aire y la disipación de calor generada por los componentes electrónicos y la evacuación de los gases generados durante la carga de las baterías
- El 75 % de las baterías de los sistemas instalados durante el 2002 se encontraron con bajo nivel de electrolito o secas. Esto indica que las baterías están siendo sometidas a sobrecarga, lo que ocasiona altas pérdidas de electrolito.

5. Conclusiones

La información obtenida en campo y su posterior procesamiento con la metodología ya descrita permiten llegar a las conclusiones siguientes:

- Los sistemas fotovoltaicos en general han proporcionado el servicio para el cual fueron diseñados.
- El controlador de carga es crítico para la adecuada operación de los sistemas, el cual incide en la disponibilidad y vida útil de la batería.
- Las baterías originalmente instaladas con los sistemas proporcionaron un servicio adecuado en cuanto a duración y confiabilidad (cuatro años, aproximadamente).
- Las baterías fallaron prematuramente en el alumbrado público.
- Los controladores de carga funcionaron adecuadamente. Sin embargo en ninguno de los sistemas evaluados este componente ha sido cambiado. La necesidad de sustituir el controlador de carga cada siete años es algo que los usuarios no tenían en consideración.
- Un porcentaje elevado de usuarios desconocen el lugar más cercano dónde conseguir partes de repuesto. Respecto a la batería, la situación es diferente dado que al utilizar lanchas de motor el cambio de baterías resulta una actividad rutinaria.
- La cultura de reciclaje de baterías no esta implantada dentro de las comunidades.

- La calidad de las instalaciones que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) financió se detecta a simple vista. Cabe recordar que las instalaciones de los sistemas proporcionados por esta Comisión fueron realizadas en apego a una especificación técnica.
- Los comités de electrificación que iban a organizar el trabajo para el cuidado, operación y mantenimiento de los sistemas comunitarios desaparecieron a la salida de la CFE de las comunidades.
- La estructura organizacional hacia dentro de las comunidades para proyectos como la electrificación rural, y algunos proyectos productivos desaparecieron, conforme las entidades promotoras de dichos proyectos fueron retirándose de las comunidades.

Con respecto a la aplicación de ESFER, se toma en cuenta que dicho paquete fue concebido para que pudiera ser utilizado prácticamente por cualquier persona, pero es importante que esa «cualquier persona» cuente con ciertos antecedentes técnicos y conocimientos básicos de manejo de computadoras y de Excel para así reducir más el margen de errores en la captura.

Por otra parte, el usuario deberá extremar precauciones y ser supervisado continuamente al transcribir la información dentro de su base de datos. Este paso es crítico, ya que un buen trabajo de campo puede ser malogrado por una mala transcripción de datos. ESFER, desde la plataforma de Excel, puede validar los datos que en él se capturan, los cuales permiten detectar errores al momento mismo de su ingreso. No obstante, y para todos los parámetros, el proceso de captura es todavía más complejo, pues la información capturada puede estar correctamente validada; pero puede presentarse casos de error imputables a la falta de supervisión, desconocimiento de lo que se está capturando, o simples «errores de dedo»:

- Textos libres limitados sólo por su longitud; pero no en su contenido.
- Números que bien pueden estar en un rango coherente y validado, pero ser erróneos.
- Mala elección del dato en aquel grupo de opciones disponibles en donde se puede escoger éste.

Por otra parte, los recursos necesarios para reactivar los sistemas fotovoltaicos instalados en Los Sabinos, Playa Golondrinas y Colorado de la Mora ascienden a unos \$350 000 (pesos mexicanos, aproximadamente MX\$10,00 = US\$1,00; diciembre de 2003). Esto representa una inversión aproximada de \$2 300 por sistema domiciliario y \$3 000 por luminaria. Dichos fondos pudieran ser otorgados mediante un financiamiento de tipo preferencial tomando en consideración que las comunidades a raíz de la pesca han desarrollado la capacidad de pago.

6. Bibliografía

- AGREDANO, J.; J. M. HUACUZ, G. MUNGUÍA, R. FLORES. «*Electrificación Fotovoltaica del Poblado de Los Sabinos Nayarit: dos años y medio después*». XVIII Reunión Nacional de la Asociación Nacional de Energía Solar, Hermosillo Son., octubre 1994.
- AGREDANO, J.; G. MURGUÍA, O. GUILLÉN, ET AL. «*Evaluación de los Sistemas Fotovoltaicos de Iluminación Doméstica Rural en los Poblados de Los Sabinos, Colorado de la Mora y Playa Golondrinas a diez años de su Instalación*».

Informe final del Proyecto 12562, Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2003.

GUILLÉN, O. «*Evaluación de Sistemas Fotovoltaicos de Electrificación Rural (ESFER)*». Actualización del paquete informático (software) y manual de usuario, Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2003.

HUACUZ, J. M.; E. CALDERA, G. MURGUÍA Y J. R. FLORES, «*Diseño de los Sistemas Fotovoltaicos para el Nuevo Poblado de Los Sabinos Nay.*». XV Reunión Nacional de la Asociación Nacional de Energía Solar, Zacatecas, octubre 1991.

Eco Solar es una publicación científica electrónica trimestral para los especialistas de las fuentes renovables de energía. Se dedica a la promoción de temas relacionados con la energética, las energías alternativas, la física ambiental, la arquitectura bioclimática, el impacto sobre el medio ambiente la educación ambiental, la termoconversión, la eficiencia energética, y las energías de origen hidráulico, fotovoltaico, eólico, solar, biomasa y ciencias relacionadas.

DIRECTOR GENERAL:

Dr. Luis Bérriz Pérez.

DIRECTOR:

Lic. Manuel Álvarez
González.

EDITOR:

Lic. Alejandro Montecinos
Larrosa.

CORRECCIÓN:

M Sc. Roberto Manzano
Díaz.

Ing. Jorge Santamarina

DISEÑO ELECTRÓNICO:

D.I. Antonio Romillo Polaino.

TRADUCCIÓN:

Lic. Lázaro O´Farril Lazo.

CONSEJO ASESOR:

Dr. Luis Hernández (Energía fotovoltaica)

Dr. Conrado Moreno Figueredo (Energía
eólica)

Lic. Bruno Henríquez Pérez (Física
ambiental)

Dr. Jorge Luis Paretas (Energía hidráulica)

Dr. Dania González Couret (Arquitectura
bioclimática)

Dr. Jorge Guardado (Biomasa)

Dr. Sergio Corp Linares (Energía solar
térmica)

Lic. Leonor Turtós Carbonell (Impacto
ambiental)

Lic. Alejandro Montecinos Larrosa (Energía
humana)

Lic. Ricardo Bérriz Valle (Educación
ambiental)



**SOCIEDAD CUBANA PARA LA PROMOCIÓN
DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA Y EL RESPETO AMBIENTAL**

Calle 20 no. 4113, esquina a 47, Miramar, Playa,
Ciudad de La Habana, Cuba. Código Postal: 11300.

Teléfono: (537) 205-9949.

Apartado postal: 6611, CP: 10600, Ciudad de La Habana, Cuba.

e-mail: editora@cubasolar.cu

<http://www.cubasolar.cu>